

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



Comportamiento agronómico de híbridos simples y triples formados dentro de una población de maíz enano.

**Por:**

**HUGO CAMARENA BARRAGÁN**

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

MARZO, 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**TESIS**

Comportamiento agronómico de híbridos simples y triples formados dentro de una población de maíz enano.

**POR:**

**HUGO CAMARENA BARRAGAN**

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito para obtener el título de

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

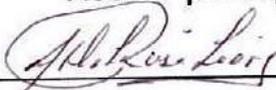
**Aprobada por:**

  
\_\_\_\_\_

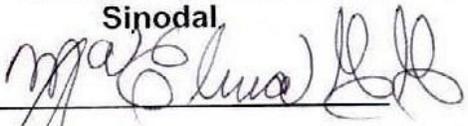
MC. Daniel Sámano Garduño  
**Asesor principal**

  
\_\_\_\_\_

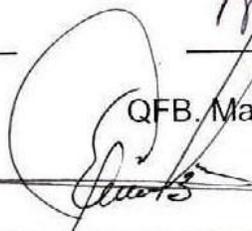
Dr. Humberto De León Castillo  
**Sinodal**

  
\_\_\_\_\_

Dr. Alfredo De la Rosa Loera  
**Sinodal**

  
\_\_\_\_\_

QFB. María Elena González Guajardo  
**Sinodal**

  
\_\_\_\_\_

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

**Coordinador de la División de Agronomía**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México



Coordinación  
de Agronomía

MARZO, 2010

## DEDICATORIAS

A mis padres:

**Gilberto Camarena Sandoval y Aurora Barragán Soto**

Por haberme brindado el apoyo y la oportunidad de ser alguien en la vida, por todos los consejos que me dieron y me hicieron una persona de bien y porque a ellos les debo la vida.

A mis hermanos: Irma, Bertha, Rosa, Juan Carlos, Gilberto, José Guadalupe, Hector Silvestre, Oscar, Jorge. A todos mis sobrinos en especial a mis ahijados: Ana Guadalupe, Carlitos y Leonel.

Dedicada en especial a mi gemelo Oscar quien ha sido parte fundamental de mi formación y siempre haberme apoyado y sobre todo porque él es el orgullo de la familia.

A mi novia Fabiola Cuevas quien me dio todo su cariño y apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera, mostrándome que la humildad es la base del triunfo.

A mis grandes amigos Dinora, Enrique; así como a Ramsés Rubén Padilla, Ana Moran Martínez, Juan Carlos Olivares (Guanas) y Francisco Barragán (Paco), quienes me acompañaron en el transcurso de la carrera.

A la familia Vargas Urdiano por el apoyo que me han brindaron.

A mi Alma Mater que me dio la oportunidad de superarme estudiado en una de las mejores universidades.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al MC. Daniel Sámano Garduño, por la amistad que tuvimos, por los consejos que me dio para tener una mejor formación y además por el asesoramiento de esta tesis.

Al Dr. Humberto De León Castillo, por haberme brindado todo el apoyo en la realización de esta tesis, además de que sus conocimientos me formaron como un buen individuo.

Ing. Raúl Gándara Huitrón y MC. Eugenia Beatriz Treviño Cueto por la amistad y colaboración en el trabajo de esta tesis.

Al Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo, por la gran amistad y los grandes consejos que me dio.

Al Dr. Enrique Navarro por los consejos que recibí en el transcurso de la carrera y el apoyo incondicional en mis trabajos.

Al Dr. Alfredo de la Rosa por la aportación de tiempo y consejo en el presente trabajo.

A la QFB María Elena González Guajardo por la colaboración en el instituto del maíz como investigadora y su participación en esta tesis.

A todos aquellos maestros del departamento de fitomejoramiento que día con día enseñan sus conocimientos por el bien y la formación de agrónomos.

Al Ing. Jorge Cadenas por su gran amistad fuera de esta institución y por los consejos que me dio para tener una mejor formación como ingeniero y como persona.

A todos mis compañeros de la generación CVII por la amistad que tuvimos en el transcurso de la carrera.

A Sandra Roxana López por el gran apoyo y consejos que me dio en el transcurso de la carrera y la motivación para seguir superándome.

Un agradecimiento especial al Dr. Julio A. Méndez Berlanga (†), quien se preocupó por el crecimiento de ingenieros agrónomos con grandes valores y conocimientos que pusieran el alto el nombre de la UAAAN y por su gran amistad y consejos como amigos.

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	Pág.
<b>DEDICATORIA.....</b>	I
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	li
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO.....</b>	lii
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	lv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	4
Hibridación.....	4
Interacción genotipo-ambiente.....	6
Aptitud combinatoria general.....	10
Interacción línea por probador.....	12
Índice de selección.....	13
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	17
Material genético.....	17
Establecimiento del experimento.....	19
Descripción de la parcela experimental.....	20
Labores culturales.....	20
Características evaluadas.....	22
Diseño experimental.....	26

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>VI. RESUMEN.....</b>	
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>47</b>
<b>VIII. APÉNDICE.....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro		Pág.
3.1	Genealogía y numeración de las líneas que se utilizaron para la formación de los 121 híbridos	18
3.2	Testigos utilizados dentro de los 121 tratamientos	19
4.1	Concentración del análisis de varianza de 121 híbridos evaluados en 3 localidades	33
4.2	Concentración del Análisis de varianza para la variable índices de los 121 híbridos	36
4.3	Genealogía de los híbridos con mejor índice y estabilidad	41
4.4	Análisis de varianza general mostrando los cuadrados medios y sus significancias en las cruzas simples	43
4.5	Análisis de varianza de los cuadrados medios de las cruzas triples, donde se muestran las características agronómicas con sus respectivas significancias	44
Figura		
4.1	Grafica biplot GGE. Patrón de respuesta de acuerdo al índice de selección para híbridos simples y triples. CP1 y CP2= Primero y segundo componente principal	38
4.2	Proyección del recuadro de la figura 4.1 donde se aprecian híbridos simples y triples más estables, además de los testigos	40
4.3	Grafica biplot GGE. Patrón de respuesta de acuerdo al índice de selección de la AC de las líneas que formaron los híbridos simples. CP1 y CP2= Primero y segundo componente principal	45
4.4	Grafica biplot GGE. Patrón de respuesta de acuerdo al índice de selección de la AC de las líneas que formaron los híbridos triples. CP1 y CP2= Primero y segundo componente principal	48

## I. INTRODUCCIÓN

Debido al debilitamiento en programas nacionales de investigación, así como la mala distribución de tecnología agrícola, de los apoyos al campo mexicano y sobre todo del deterioro de los recursos naturales, se requiere de un nuevo esfuerzo enfocado en la producción sostenible que garantice el incremento de la productividad en las próximas décadas, a través del manejo eficiente de cultivos resistentes a factores adversos bióticos y abióticos. (Córdova *et al.* 2002).

Para ello, países en desarrollo muestran una tendencia cada vez mayor en adoptar variedades mejoradas de maíz, principalmente para cumplir con las demandas de mercado. Una de las herramientas que han contribuido a mejorar la producción de los cultivos básicos en el mundo ha sido el mejoramiento genético, considerado esencial por el conocimiento y uso de la diversidad genética.

Uno de los principales objetivos del mejoramiento genético es el de capitalizar al máximo la heterosis entre los progenitores seleccionados y el de utilizar el germoplasma para el desarrollo de híbridos, tomando en consideración aspectos muy importantes como son: efectos de la endogamia; la

existencia de relaciones heteróticas en al menos una o más poblaciones diferentes.

Por lo que es necesaria la elección de germoplasma con mejores atributos, sin embargo cuando se tiene un conjunto grande de caracteres dificulta dicha selección. Una manera de solucionarlo es haciendo uso de los índices de selección descrito por Barreto *et al.* (1991) el cual tiene la finalidad de hacer una selección simultánea para varias características agronómicas.

Además, en la selección también se debe de considerar la interacción genotipo-ambiente que es la respuesta que tiene el genotipo a través de diferentes condiciones ambientales permitiendo evaluar su estabilidad.

Una de las principales prioridades de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) por medio del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) a través de sus programas de mejoramiento genético en maíz, es la formación de líneas e híbridos con excelentes características agronómicas tomando en cuenta la utilización y recuperación de germoplasma.

La finalidad del presente trabajo fue conocer el grado de variabilidad genética que presenta una población de maíz enano, a partir de una muestra de

híbridos simples y triples, tomando en cuenta varios caracteres agronómicos y modelando la interacción genotipo-ambiente para cumplir con los siguientes:

## **OBJETIVOS**

1) Valorar el comportamiento agronómico de híbridos simples y triples formados entre líneas endogámicas y cruzas simples derivadas de una población de maíz enano. Y a partir de ello identificar una serie de híbridos con buenas características agronómicas y con potencial de estabilidad.

2) Identificar las líneas con excelente potencial genético medido a través de su aptitud combinatoria general.

## **HIPOTESIS**

La población de maíz enano presenta una amplia variabilidad genética originando líneas con diferente potencial genético que al ser cruzados entre ellas originaran híbridos con características agronómicas diferentes. Encontrándose al menos un material con excelentes atributos y estable superando los testigos

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### HIBRIDACIÓN

Los dos grandes sistemas de mejoramiento de maíz son la selección y la hibridación. Con la selección se aprovechan los efectos génicos aditivos mientras que con la hibridación se capitalizan los efectos génicos no aditivos. Para tener éxito con el método de hibridación, las bases germoplasmicas originales deben de ser mejoradas en su rendimiento y demás características de importancia mediante selección recurrente y de esta forma elevar su potencial para producir líneas que den origen a híbridos mejores (García, 2002).

La obtención de híbridos de maíz se inició desde el principio de los años cincuenta. Obteniéndose mediante formas clásicas como lo son: obtención de líneas de primera autofecundación ( $S_1$ ) prueba temprana de las líneas  $S_1$  (no siempre llevada a cabo) avance en las líneas auto fecundadas, prueba de aptitud combinatoria específica (híbridos simples) y obtención de híbridos dobles o trilineales (Márquez, 1992).

Sin embargo, muchos estudios han confirmado que los fenotipos, producto de una cruce simple tienen mejores rendimientos y mayor uniformidad que los híbridos triples y dobles; ello debido a que en las cruces simples existe una mejor combinación en sus pares de genes y por ende se logra una mejor expresión heterótica (Elizarraras, 2003).

Este autor establece que los híbridos simples se obtienen cruzando dos líneas endogámicas no emparentadas (A x B). La producción de semilla híbrida de este tipo a nivel comercial es costosa, ya que se utilizan líneas autofecundadas. No obstante, los híbridos simples tienden a ser de rendimiento ligeramente mayor y más uniformes en las características de la planta y la mazorca con relación a otros tipos de híbridos.

Torres (2006) señala que los híbridos simples tienen gran respuesta para obtener buenos rendimientos y un rango amplio de adaptación.

Chávez (1995) menciona que los híbridos triples se forman a partir de tres líneas autofecundadas, es decir, son el resultado de un cruzamiento entre una cruce simple y una línea autofecundada (A x B) x C. Para producirlos se polinizan las plantas de la cruce simple con polen del progenitor masculino, el cual debe ser una línea de alta producción de polen, regularmente la cruce simple es muy vigorosa. Las líneas de una cruce simple deben ser rendidoras y combinar bien con la tercera línea.

La producción de híbridos triples ocasiona menos costos que los híbridos simples, aunque es más cara que los híbridos dobles, considera que no son tan uniformes como los híbridos simples (Torres, 2006).

## **INTERACCION GENOTIPO – AMBIENTE**

Los fitomejoradores frecuentemente enfrentan un problema de gran magnitud cuando seleccionan en presencia del fenómeno de interacción genotipo ambiente (Aguiluz, 1998).

En la evaluación de ensayos de rendimiento, el fitomejorador no puede eliminar fácilmente el efecto del ambiente sobre el potencial genético de los fenotipos. Sin embargo, haciendo uso de una buena planeación experimental, tanto en el diseño de siembra como en el análisis de los datos, se puede estimar y hacer inferencia respecto a los efectos genéticos de los materiales evaluados y la influencia que ejerce el ambiente sobre los mismos (Elizarraras, 2003).

La interacción genotipo ambiente ocurre cuando hay respuestas diferentes de genotipos en relación con la variación del ambiente, estos pueden cambiar con frecuencia la magnitud en el comportamiento de un genotipo a través de diferentes localidades de prueba, por lo tanto estas pruebas de comportamiento de variedades cuando se realizan convencionalmente ofrecen

información sobre la interacción genotipo-ambiente, pero no dan una idea de la estabilidad de las variedades evaluadas (Coutiño, 2003).

Este mismo autor hace referencia que sí la interacción genotipo-ambiente resulta significativa, algún genotipo no mantuvo su diferencia en la magnitud de la variable de respuesta con respecto a otro para alguno de los ambientes de prueba y puede resultar difícil identificar al mejor genotipo para todos los ambientes.

Sin embargo, también este mismo autor establece que cuando no se detecta significancia en la interacción genotipo-ambiente, se cumple el anhelo de los fitomejoradores, es decir, identificar al o los genotipos que sobresalen en todos los ambientes de prueba; debe aclararse sin embargo, que la no significancia en la interacción puede atribuirse a la similitud de los genotipos y ambientes estudiados o a que los experimentos no tuvieron la sensibilidad adecuada para detectarla.

La interacción genotipo-ambiente merece gran importancia en la evaluación de híbridos desarrollados para diferentes ambientes de producción, las diferencias entre ambientes pueden cambiar la magnitud de la respuesta relativa de los cultivares a ambientes contrastantes. El conocimiento de la magnitud de la interacción entre el genotipo y el ambiente permite evaluar la estabilidad de los cultivares en una gama de ambientes en donde se desean

introducir; también permite evaluar los potenciales productivos y las posibles limitaciones de estos en cada localidad (Contreras *et al.*, 2000).

Por esta razón, es necesario la integración del concepto de estabilidad como la capacidad de los genotipos de mostrar un comportamiento altamente previsible en función del estímulo ambiental para así definir la adaptación de cultivares y lograr una selección eficiente (Gordón *et al.*, 2006).

A la estabilidad máxima que ocurre cuando el rendimiento del genotipo en cuestión es constante a través de ambientes se denomina estabilidad estática, mientras que la estabilidad dinámica ocurre cuando el comportamiento del genotipo es cercano a lo predicho, basado en el potencial de los ambientes de interés (Coutiño *et al.*, 2003).

La respuesta diferencial del germoplasma de maíz desarrollado bajo presión de factores adversos, puede contribuir a la estabilidad de los genotipos a la mayoría de ambientes de recomendación (Córdova *et al.*, 2002).

Peña (2008) menciona que para el análisis de la interacción genotipo-ambiente se han desarrollado modelos estadísticos para el análisis de ensayos de genotipos en varios ambientes permitiendo un claro entendimiento de la IGA para predicciones más precisas en la selección de híbridos. Como una propuesta se encuentra el modelo de regresión en los sitios (SREG).

El modelo de regresión en los sitios (SREG) se utiliza para el análisis de los datos provenientes de ensayos comparativo de rendimiento multi ambientales en especial cuando el ambiente (E) es la fuente de variación mas importante en relación con la contribución del genotipo (G) y la interacción genotipo-ambiente (Ibáñez *et al.*, 2006).

Para ello, el modelo SREG ajusta primero los factores aditivos de genotipo (G) y ambiente (A) usando ANOVA y los residuales, que es la interacción G x A lo ajusta a través de análisis de coordenadas principales o mejor conocido como PCA (Aguiluz,1998).

Al modelo estadístico regresión en los sitios (SREG) se le puede considerar una extensión del AMMI, sólo que el efecto principal del genotipo se modela mediante el ACP junto con la interacción, se ha reportado útil para realizar estimaciones más dirigidas hacia la respuesta de los genotipos a determinados ambientes. Y al igual que el AMMI actualmente existe un programa para SAS derivado del trabajo realizado por Crossa y Vargas (2000) y adaptado por Burgueño *et al* (2002) el que entre sus salidas ofrece una gráfica “biplot” denominada GGE la que permite clasificar los genotipos en función a su potencial de rendimiento y a su adaptabilidad (De León, 2005).

Este grafico permite identificar el genotipo de mayor potencial en cada ambiente y agrupar genotipos y ambientes con patrones similares de respuesta (Ibáñez *et al.*, 2006).

Yan *et al.* (2000) propusieron utilizar los efectos combinados de genotipos (G) y de interacción genotipo ambiente (IGA) obteniéndose los gráficos denominados “GGE biplot” facilitando la identificación visual de los genotipos y los ambientes de evaluación. Generalmente, los gráficos “GGE biplot” se confeccionan utilizando los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2).

La forma más comúnmente empleada para modelar la interacción genotipo-ambiente es la gráfica de dos componentes principales (Grafica biplot), por tanto, la explicación se centrara en este caso, haciendo primeramente referencia a los sitios de evaluación; si el ángulo que se forma entre dos sitios es menor a 90° los sitios tienden a ordenar de la misma manera a los genotipos entre más chico sea el ángulo, es decir no existe interacción cruzada entre ellos y probablemente con la información de sólo uno de ellos sería suficiente (De León, 2002).

## **APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECÍFICA**

Sierra (2002) señala que el principal objetivo de un programa de mejoramiento genético es la obtención de variedades mejoradas por medio de

una selección cuidadosa de los padres, estas se basan en su aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE).

Este mismo autor cita a Sprague y Tatum (1942), que definieron los efectos de ACG como el comportamiento promedio de un progenitor o línea en combinaciones híbridas y ACE como la desviación de cada cruzamiento con respecto al comportamiento medio de los progenitores que intervienen en la cruza y se hace referencia al mejor aprovechamiento tanto en la formación de híbridos como recombinación genética para formar sintéticos.

En un programa de hibridación en maíz es importante conocer la aptitud combinatoria (AC) del germoplasma y de los patrones heteróticos. Para la elección de progenitores que serán base de un programa de mejoramiento se utilizan dos métodos: a) el comportamiento *per se* y b) el comportamiento de las cruza que intervienen, lo que se conoce como AC (Sierra, 2002).

Elizarraras (2003) menciona que mediante el conocimiento de la aptitud combinatoria de los progenitores se logra mayor eficiencia en programas de mejoramiento que nos permiten seleccionar líneas de un comportamiento promedio e identificar combinaciones híbridas específicas con un comportamiento superior a lo esperado en base al promedio de las líneas que intervienen en el cruzamiento.

## INTERACCIÓN LÍNEA POR PROBADOR

Una importante herramienta para la evaluación de progenitores, desde líneas endogámicas hasta variedades de amplia base genética es el diseño de línea por probador, usado ampliamente en maíz y otras especies para estimar efectos de ACG y ACE (Ramírez, 2007).

La identificación y desarrollo de probadores tiene uso amplio dentro del programa de mejoramiento de poblaciones y de hibridación, tiene la utilidad en las diferentes etapas de desarrollo de las líneas en seleccionar aquellas con mejor comportamiento, usando como probadores a los progenitores de híbridos comerciales (Sierra, 2002).

Hernández (2003) menciona que un probador es cualquier material genético (línea, variedad, híbrido, etc.) que permite medir la aptitud combinatoria de un grupo de líneas autofecundadas con el cual se cruza. Cuando el probador usado es un material de amplia base genética (poblaciones heterocigotos, sintéticos y cruza dobles) se le conoce como mestizos (top-cross); en tanto que si se usa un material de reducida base genética (línea o cruza simple), se le conoce como cruza de prueba (test-cross).

Para entender la función del probador se deberá partir del principio de que se está usando para cuantificar la aptitud combinatoria general (ACG) de

las líneas, es decir, sólo está siendo utilizado en el cruzamiento, no para ser seleccionado (Hernández, 2003).

La decisión del tipo de probador a emplear va a depender de los objetivos del mejorador, si éste está interesado en conocer la aptitud combinatoria de las líneas y las cruzas, así como la identificación de nuevos híbridos con potencial comercial, la decisión más adecuada es el uso de líneas o cruzas simples; si sólo se desea ubicar líneas en el grupo complementario, lo ordinario es emplear los progenitores de materiales que exhiban el máximo de heterosis (Elizarraras, 2006).

El uso de probadores en la selección de líneas representa una estrategia metodológica alternativa en la generación de híbridos ya que permite de una manera eficiente dirigir cruzamientos y lograr mejores combinaciones (Sierra *et al.*, 2007).

## **ÍNDICE DE SELECCIÓN**

En la actualidad existen varios métodos de selección simultánea de varios caracteres, y los tres de mayor importancia son: selección en tándem, selección simultánea de caracteres independientes e índice de selección (IS). Los índices de selección permiten separar genotipos con base en la evaluación simultánea de varios caracteres, la cual toma en consideración además de los

aspectos genéticos, la importancia económica de las características involucradas (Cerón, 2005).

El índice de selección (IS) se define como una función lineal del valor genético de dos o más características, cada una con un peso acorde con un valor económico pre asignado. La superioridad de la selección efectuada por IS aumenta conforme lo hace el número de caracteres que se desea mejorar. Para establecer un IS se consideran la heredabilidad de las características involucradas, la importancia económica de estos caracteres y sus correlaciones genéticas y fenotípicas (Rúales *et al.*, 2007).

Castañón (2000) cita a Smith (1936) quien fue el que estableció las bases para la selección de plantas mediante el uso de índices de selección. El autor las llamo funciones discriminantes, estas consisten en representar el valor de una planta como una función lineal de su caracteres y desde el punto de vista de Henderson (1963) a la selección mediante índices la llamo combinación lineal de caracteres.

Los índices de selección en general son los más eficientes, aunque suele ser difícil establecer el peso que se le debe asignar a cada una de las variables consideradas. En la práctica los mejoradores utilizan una mezcla de estrategias definidas en base a criterios biológicos y logísticos (Marco, 2005).

Yáñez (2005) señala que entre las ventajas que se le atribuyen a la metodología del índice de selección se pueden mencionar las siguientes: 1) La realización de la selección por varias características de manera simultánea y ponderada, es decir, que el proceso de buscar los mejores individuos se haga con el uso de la información de varias características a la vez, lo que además proporciona más exactitud al proceso mismo y; 2) La ponderación que de las diferentes fuentes de información es hecha con los índices de selección, considera tanto los parámetros genéticos de las características a las cuales se refiere, como a su valor económico.

Los criterios de selección más importantes usados para mejorar la estabilidad del rendimiento han sido: alto potencial de rendimiento, resistencia a pudrición de mazorca, resistencia al acame, altura de planta y mazorca adecuada, resistencia a sequía y achaparramiento (Bolaños, 1990).

El mejoramiento de cultivares, para adaptación de ambientes adversos implica el uso de metodologías de selección que permitan capitalizar al máximo la varianza genética, a la vez reducir la interacción genotipo ambiente (Zea *et al.*, 1991).

De ahí que sea necesario buscar un procedimiento de selección que tenga en cuenta la complejidad de la situación y dé los mejores resultados posibles, no por un carácter único sino por todo el complejo de caracteres que

dan lugar al valor económico. El mejor procedimiento para lograrlo parece ser el índice de selección (Rúales, 2006).

Yánez (2005) menciona que las principales propiedades de los índices de selección son: a) Maximiza la probabilidad de ordenar correctamente los candidatos según sus valores mejorantes verdaderos; b) Maximiza el progreso genético (o el valor mejorante promedio de los candidatos) a obtener por selección y; c) Es la mejor predicción lineal: minimiza el cuadrado medio de las diferencias, entre el valor mejorante verdadero y el índice, es decir,  $E(I-A)^2 = \text{mínimo}$ .

Al seleccionar una característica pueden modificarse otras en dirección favorable o desfavorable. Al seleccionar para varias características, el progreso en cada una es menor pero el retorno económico es mayor si se ponderan adecuadamente. Los índices de selección facilitan la identificación de aquellos individuos con mejor combinación de caracteres (Mueller, 2000).

Romero *et al.* (2004) diseñaron un nuevo índice de selección para el mejoramiento genético, apoyado en marcadores que no necesariamente eran independientes, derivó la varianza y la ganancia genética asociada al índice de selección y lo comparó con la del índice de selección apoyado en marcadores propuesto por Lande y Thompson (1990). Su índice proporciona mayor ganancia genética y, bajo ciertas condiciones, la varianza fue menor.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **Descripción del material genético**

El material genético que se utilizó en el presente trabajo de investigación partió de 77 líneas y seis híbridos simples que se muestran en el Cuadro 3.1, derivadas de una población de maíz enano del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Las líneas se cruzaron entre ellas y algunas con las cruza simples, originando de esta manera 92 híbridos simples y 25 híbridos triples.

Una población de material enano, se caracteriza por soportar altas densidades de siembra. Mostrando una gran adaptación (plasticidad), excelente respuesta a la fertilización y riegos formando buenas combinaciones híbridas. Exhiben madurez diversa por lo que se pueden encontrar familias precoces a intermedias, entrenudos cortos debajo de la mazorca, hojas breves erectas, y espigas compactas, grano preferentemente dentado. Esta población ha pasado por varios ciclos de selección.

**Cuadro 3.1** Genealogía y numeración de las líneas utilizadas en la formación de los 121 híbridos.

LINEA	#	LINEA	#
232-10-11-A-A	1	PE-114-3-A-A-1-1	43
232-10-11-1-A-A	2	PE-114-3-A-A-1-2	44
232-10-11R4-E-4	3	PE-114-3-A-A-1-4	45
255-18-19-60-A-A	4	PE-114-3-A-A-2-1	46
255-18-19N-14-1-A-4-2-A	5	PE-114-3-A-A-2-2	47
(PEEC1)-15-1-3	6	PE-114-3-A-A-2-3	48
(PEEC1)-15-1-4	7	PE-114-3-A-A-3-5	49
(PEEC1)-15-1-5	8	PE-114-3-A-A-3-6	50
(PEEC1)-15-1-6	9	PE-114-3-A-A-3-7	51
(PEEC1)-15-5-1	10	PE-114-3-A-A-4-1	52
(PEEC1)-15-5-3	11	PE-114-3-A-A-4-2	53
(PEEC1)-25-2-2	12	PE-114-3-A-A-5-5	54
(PEEC1)-35-3-1	13	PE-114-3-A-A-5-6	55
(PEEC1)-35-3-2	14	PE-115-3-1	56
(PEEC1)-35-5-1	15	PE-115-3-5	57
(PEEC1)-35-5-3	16	PE-115-3-1-2	58
(PEEC1)-35-5-4	17	PE-115-3-1-3	59
MLS4-1	18	PE-115-3-1-4	60
(NE) MLS4-1-1-2	19	PE-115-3-1-5	61
(NE) MLS4-1-1-3	20	PE-115-3-1-6	62
(NE) MLS4-1-2-2	21	PE-115-3-1-8	63
(NE) MLS4-1-2-3	22	PE-115-3-1-9	64
LBCPC4S4	23	PE-115-3-1-10	65
LBCPC4S4-1	24	PE-115-3-1-11	66
LBCPC4S4-2	25	PE-115-3-1-12	67
LBCPC4S4-3	26	PE-115-3-1-13	68
LBCPC4S4-4	27	PE-115-3-3-1	69
PEGC1-1-1	28	PE-115-3-3-2	70
PEGC1-1-2	29	PE-115-3-3-A-1	71
PE-112-7-A-A-1-2	30	(PE-106-8xLBCPC4S4)-2-A-2-3	72
PE-112-7-A-A-2-4	31	(PE-202-4xLBCPC4S4)-3-A-11-A	73
PE-112-7-A-A-2-5	32	(PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-1	74
PE-112-7-A-A-3-1	33	(PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-2	75
PE-112-7-A-A-3-2	34	(PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-4	76
PE-112-7-A-A-3-3	35	(PEEC1)-35-3-3	83
PE-112-7-A-A-3-6	36	<b>Cruzas simples</b>	
PE-112-7-A-A-3-7	37	(255-18-19-60xPE-115-3-1)	77
PE-112-7-A-A-4-1	38	(255-18-19-60xMLS4-1)	78
PE-112-7-A-A-4-2	39	(MLS4-1xPE-115-3)	79
PE-112-7-A-A-4-3	40	(MLS4-1xLBCPC4S4)	80
PE-112-7-A-A-4-7	41	(MLS4-1x232-10-11-1-A-A)	81
PE-114-2	42	(LBCPC4S4 x MLS4-A)	82

Para comparar el comportamiento de los híbridos experimentales, se utilizaron cuatro testigos formados por 3 híbridos dobles y 1 simple de la misma población de maíz enano del IMM, por lo que en el Cuadro 3.2 se muestran los testigos que se utilizaron.

### **Cuadro 3.2 Testigos utilizados dentro de los 121 tratamientos**

(MLS4-1x232-10-11-1-A-A) x (255-18-19-60xPE-115-3-1)

(MLS4-1xPE-115-3) x (255-18-19-60xPE-115-3-1)

(MLS4-1xLBCPC4S4) x (255-18-19-60xPE-115-3-1)

MLS4-1 x 232-10-11-A-A

---

### **Establecimiento del experimento**

La evaluación de los híbridos se llevo a cabo en tres localidades diferentes, las cuales se mencionan a continuación:

**Tlahuelilpan, Hidalgo:** Se localiza a 70 km de la ciudad de Pachuca con respecto a su ubicación, las coordenadas geográficas del lugar son: en latitud norte de 20°07'47" y en longitud oeste 99°13'43", a una altura sobre el nivel del mar de 2,040 metros, registra una temperatura media anual de alrededor de los 17°C, su precipitación pluvial total asciende a los 675 milímetros por año.

**El Prado, Galeana, Nuevo León:** Se encuentra ubicado en la parte central del Estado de Nuevo León, en las coordenadas 24°12' latitud norte y 100°05' longitud oeste, a una altura de 1,890 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 18°C y una precipitación media anual de 300 mm.

**Celaya, Gto:** Se sitúa a 20°32' latitud Norte; 100°49' longitud Oeste, con una altitud de 1754 msnm; con una temperatura media anual de 20°C y una precipitación pluvial anual de 597.3 mm.

### **Descripción de la parcela experimental**

La parcela experimental consistió en un surco de 5 m de longitud con 35 plantas, el ancho de surco para Hidalgo y Celaya fue de 0.75 m y para el prado fue de un ancho de surco de 0.92 m.

El esquema de siembra de los híbridos se llevo a cabo bajo el diseño de bloques Incompletos al azar con un arreglo alfa-látice (0,1) con dos repeticiones por ambiente, durante el ciclo primavera-verano 2008. La siembra se llevo a cabo de manera manual.

Las fechas de siembra en el Prado, Nuevo León fueron el 23 de mayo del 2008, Celaya el 18 de mayo del 2008 y en Tlahuelilpan, Hgo el 31 de marzo.

### **Las labores culturales que se desarrollaron fueron las siguientes:**

**Siembra.** Esta actividad se realizo a mano depositando 35 semillas en cada parcela con el fin de obtener al momento de la emergencia una población adecuada y mantenerla para que en la toma de datos disminuya el error experimental lo más posible.

**Fertilización.** En Tlahuelilpan, Hgo. no se efectuó dicha fertilización ya que los riegos aplicados al cultivo se realizaron con aguas negras las cuales le aportaron los nutrientes necesarios. Para Celaya, Gto y El Prado, N.L., fue necesaria la fertilización utilizando la dosis 180-90-00 ha<sup>-1</sup> en donde todo el fósforo y la mitad de nitrógeno se aplicó al momento de la siembra, el resto del nitrógeno se aplicó al primer cultivo.

**Riegos.** Se aplicaron de acuerdo a las necesidades del terreno, variando en cada una de las localidades. El único riego en común fue el primero ya que este se dio antes de la siembra para la emergencia de las plantas.

**Control de malezas.** En los tres ambientes se utilizó un herbicida pre-emergente denominado Primagram Gold (cuyo ingrediente activo es S-Metolachlor + Atrazina) a razón de 4 L ha<sup>-1</sup> aplicado después del riego de siembra y un cultivo a los 40 días de la siembra.

**Cosecha.** Esta actividad se realizó manualmente por parcela útil donde se tomaron datos como son: peso de campo y por ciento de humedad, además de que se observó las características físicas del material genético.

## **Datos agronómicos registrados**

**Floración masculina (FM)**. Son los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50 % de las plantas de la parcela experimental, correspondiente a cada tratamiento, se encontraban en anthesis.

**Floración femenina (FF)**. Son los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50 % de las plantas de la parcela experimental, correspondiente a cada tratamiento, se encontraban con estigmas receptivos.

**Sincronía floral (SF)**. Diferencia expresada en días transcurridos entre la floración masculina y floración femenina.

**Altura de planta (AP)**. Longitud existente entre la base del tallo y la base de la espiga u hoja bandera. Para obtener dicho dato se midió una planta representativa de cada parcela experimental y su valor se expresó en centímetros (cm).

**Altura de mazorca (AM)**. Longitud que existe desde la base del tallo y el primer nudo de inserción de la mazorca principal. Su obtención se hizo tomando como medida una planta representativa de cada parcela experimental y su valor se expresó en centímetros (cm).

**Relación mazorca-planta (RMP).** Relación que existe entre la altura de la planta y la inserción de la mazorca principal expresado en por ciento.

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

**Acame de raíz (AR).** Por ciento de plantas acamadas por parcela, considerando como tal las que presentaron una inclinación mayor de 30° con respecto a la vertical.

**Acame de tallo (AT).** Es el número de plantas en la parcela que presentan el tallo quebrado debajo de la mazorca, con relación al número total de plantas por parcela expresado en por ciento.

**Mala cobertura (MC).** Este dato se tomó un poco antes de realizar la cosecha e incluye todas aquellas mazorcas que no estuvieron cubiertas totalmente por las brácteas, dejando al descubierto la punta de las mazorcas. Se expresa en por ciento en relación al total de mazorcas cosechadas.

**Plantas con *Fusarium* (PF).** Es la relación que hay entre el número de plantas enfermas respecto al total de plantas presentes en la parcela experimental, expresado en por ciento.

**Calificación de planta (CALP).** Calificación visual que considera el aspecto general de la planta con escala de 1 a 5, donde 1 es lo mejor y 5 lo peor.

**Calificación de la mazorca (CALM).** Se refiere al valor asignado a la mazorca en base a su apariencia visual en conjunto con daños causados por insectos o enfermedades, tamaño y uniformidad de la misma. La escala asignada fue del uno al cinco (uno = muy buena, cinco = muy mala).

**Prolificidad (PROLF).** Es el número de mazorcas cosechadas entre número de plantas cosechadas expresado en porcentaje.

$$PROLIFICIDAD = \frac{\text{Num. de mazorcas}}{\text{Num. de plantas}} \times 100$$

**Plantas cosechadas (PLC).** Total de plantas cosechadas dentro de cada parcela experimental útil.

**Peso de campo (PC).** Se determinó en base al peso que tuvo el maíz en mazorca al momento de la cosecha. Su valor se expresó en kilogramos (kg).

**Por ciento de humedad (%H).** Para calcular este valor al momento de la cosecha, se tomó una muestra de 250 gramos de grano de cada parcela

experimental y posteriormente a dicha muestra se le determinó la humedad en el aparato Dicky Jhon. Este aparato proporcionó la lectura directa de humedad.

**Rendimiento de Mazorca (REND)**. Este valor se expresó en toneladas por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ) al 15.5% de humedad y se determino multiplicando el peso seco de la mazorcas de cada parcela experimental por el factor de conversión.

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

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

Se obtuvo el factor de corrección con el fin de obtener el rendimiento verdadero el cual se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{10000}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

Donde: FC= factor de conversión para expresar el rendimiento en ton al 15.5 % de humedad; 10 000= superficie de una hectárea en  $m^2$ ; APU (área de parcela útil)= Es la longitud del largo del surco por el ancho; 0.845= constante para obtener el rendimiento en kilogramos por hectárea ( $Kg.\ ha^{-1}$ ) al 15.5 % de humedad; 1 000= coeficiente para obtener el rendimiento en  $t\ ha^{-1}$ .

## **Rendimiento ajustado por covarianza.**

Al momento de observar variabilidad entre el número de plantas dentro de los experimentos y antes de haber realizado un análisis de varianza combinado se llevo a cabo un análisis de covarianza.

Una vez comprobado que la variable mostró efecto significativo mediante la prueba de F, el rendimiento ajustado se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - b_i (x - \hat{A})$$

Donde:  $\hat{Y}_{ij}$ = rendimiento corregido por covarianza;  $Y_{ij}$ = rendimiento observado;  $b_i$ = coeficiente de regresión estimado;  $x$ = número de plantas cosechadas en la parcela;  $\hat{A}$ = promedio de plantas cosechadas en el experimento.

## **Análisis estadístico de los datos**

Con la finalidad de conocer el comportamiento de los híbridos y de los testigos a través de los ambientes, se hizo un análisis bajo un diseño experimental de bloques al azar combinado a través de localidades, con la finalidad de detectar diferencias estadísticas en las fuentes de variación. El análisis solo se realizo para las variables: floración femenina, altura de planta, relación mazorca-planta, calificación de planta, rendimiento.

El modelo estadístico para el análisis de varianza combinado fue el siguiente:

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

Donde:  $Y_{ijk}$ = variable de respuesta;  $\mu$ = efecto de la media general;  $A_i$ = efecto de la  $i$ -ésima localidad;  $R_{j(i)}$ = efecto del  $j$ -ésimo bloque dentro de la  $i$ -ésima localidad;  $G_k$ = efecto del  $k$ -ésimo híbrido;  $GA_{ik}$ = efecto del  $k$ -ésimo híbrido por la  $i$ -ésima localidad;  $E_{ijk}$ = efecto del error experimental.

Como híbridos presento diferencias y para conocer más a fondo el comportamiento de los híbridos se realizó la partición de dicha fuente en híbridos simples, triples y testigos, además se realizaron dos comparaciones entre estas fuentes por medio de contrastes ortogonales.

Al encontrar diferencias entre los híbridos en la mayoría de los caracteres evaluados y para tener una mejor apreciación de los mejores, se conjuntó el valor de las ocho características agronómicas de mayor importancia para el programa las cuales fueron FM, SF, RMP, AR, MC, PF, CALM y REND en un índice de selección, siguiendo la estrategia descrita por Barreto *et al.* (1991). La estimación del índice de selección se realizó por repetición de cada localidad. Permitiendo tomar decisiones mejor fundamentadas y orientadas a una mejor selección. La estimación del índice fue como sigue:

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

Donde: IS= Índice de selección;  $Y_{i...n}$ = Variables en unidades Z (estandarizadas);  $M_{i...n}$ = Meta de selección;  $I_{i...n}$ = Intensidad de selección

El **valor estandarizado** de cada una de las variables mientras más cerca se encuentre de la meta deseada, más pequeño es el valor del IS calculado y se acerca más al genotipo con los criterios deseados. El genotipo que contenga el valor de IS más pequeño es considerado el mejor.

La **meta de selección** está referida a las unidades de desviación estándar del promedio que se desea lograr en la selección. La meta toma valores de -3 a 3, con valores positivos se seleccionan genotipos por arriba del promedio de la población para la variable en cuestión.

La **intensidad de selección** se refiere a la importancia relativa de las diversas variables a utilizarse en la selección. Este valor puede ser diferente para cada variable según el criterio del investigador y toma valores en rango de 1 a 10. Un valor de intensidad 10 representa una mayor importancia y un valor de 1 representa menor peso económico a la variable.

El criterio de selección de las meta e intensidad para cada una de las ocho variables fue: en lo que se refiere a las intensidades se considero el peso económico de cada característica analizada otorgándoles un valor con el objetivo de tener una selección apropiada de los híbridos; las metas se establecieron de acuerdo a los genotipos que expresaron diferencias estadísticas en cada una de las características involucradas se estimaron por repetición por localidad, las metas e intensidades se presentan en el cuadro A1 del apéndice.

Después de haber estimado el índice de selección por repetición para las variables agronómicas se continuo con un análisis de varianza a través de localidades con la finalidad de determinar diferencias estadísticas en las localidades, híbridos, así como híbridos por localidad el modelo utilizado fue igual al anterior.

### **Análisis de regresión en los sitios (SREG)**

Al haber encontrado variabilidad genética en los híbridos se prosiguió a estimar la adaptabilidad y estabilidad de híbridos y ambientes, mediante la técnica GGE Biplot-SREG.

Para el análisis de estabilidad se utilizó el modelo multiplicativo SREG, que genera una grafica GGE la cual analiza en forma conjunta los efectos del

genotipo y de la interacción genotipo-ambiente identificando los mejores genotipos en sus respectivos ambientes. El modelo matemático fue:

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

Donde:  $Y_{ij}$ = Rendimiento del i-esimo genotipo en el j-esimo ambiente;  $\mu_j$ = Media en la localidad j; n= número de componentes principales;  $\lambda_k$ = raíz cuadrada del vector característico del k-esimo eje del ACP;  $\alpha_{ik}$ = calificación del ACP para el k-esimo eje del i-esimo híbrido;  $\gamma_{jk}$ = calificación del ACP para el k-esimo eje de la j-esima localidad;  $R_{ij}$ = residual del modelo. Este modelo se utilizo tanto para híbridos simples y triples así como los testigos.

### **Línea x probador**

Para conocer la respuesta diferencial tanto de híbridos simples como de triples ante los diferentes ambientes y con el objetivo de estimar la aptitud combinatoria general se realizo un análisis individual para cada tipo de híbridos bajo el modelo genético de línea por probador, permitiendo particionar los híbridos en: línea, probador y línea por probador, el modelo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + R_{j(i)} + L_k + P_l + LP_{kl} + \acute{a}L_{ik} + \acute{a}P_{il} + \acute{a}LP_{ikl} + E_{ijkl}$$

Donde:  $Y_{ijkl}$ = variable de respuesta ;  $\mu$ = efecto de la media general;  $A_i$ = efecto de la i-ésima localidad;  $R_{j(i)}$ = efecto de j-ésimo bloque dentro de la i-ésima localidad;  $L_k$ = efecto de la k-ésima línea;  $P_l$ =efecto del l-ésimo probador;

$LP_{kl}$ = efecto de la k-ésima línea en el l-ésimo probador;  $\alpha_{L_{ik}}$ = efecto de la k-ésima línea en la i-ésima localidad;  $\alpha_{P_{il}}$ = efecto del l-ésimo probador en la p-ésima localidad;  $\alpha LP_{ikl}$ = efecto de la k-ésima línea en el l-ésimo probador por la i-ésima localidad;  $E_{ijkl}$ = efecto del error.

### **Criterio de selección**

Para poder identificar los mejores híbridos se realizó una selección en base a un índice de selección, tomando en cuenta aquellos con el menor índice y estabilidad a través de los ambientes.

Otro criterio de selección se realizó mediante el modelo SREG seleccionando los mejores genotipos a través de los ambientes, tomando en cuenta que los híbridos así como los ambientes ideales son aquellos que tienen el vector de mayor longitud, además de presentar una excelente estabilidad siendo los más cercanos los que se encuentran al probador virtual.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la finalidad de dar cumplimiento con los objetivos del presente estudio, se presentan los resultados del análisis de varianza combinado, así como la interpretación de una grafica biplot y el análisis individual de línea por probador tanto para híbridos simples como triples.

En el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza combinado a través de localidades de cinco características agronómicas, que fueron: floración femenina (FF), altura de planta (AP), relación mazorca-planta (RMP), calificación de planta (CP) y rendimiento (REND).

En dicho Cuadro se aprecia que la fuente localidades presento diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para FF, AP, RMP, REND, no siendo así para CALP la cual no presento diferencia significativa, estas diferencias detectadas pueden ser atribuidas a varios factores como lo son: el clima, condiciones edáficas, el manejo agronómico, Particular de cada localidad.

Esta diferenciación en el proceder de las localidades es deseable, ya que permite medir el comportamiento de los híbridos bajo diferentes condiciones ambientales, logrando obtener mayor conocimiento de ellos.

**Cuadro 4.1.** Concentración del análisis de varianza de 121 híbridos evaluados en 3 localidades durante la primavera del 2008.

Fuente de Variación	G.L.	FF (días)	AP (cm)	RMP (%)	CALP (1-5)	REND (ton/ha)
Localidades (Loc)	2	34000.96 **	139342.2 **	1814.97 **	18.25	1200.68 **
Bloques/Loc	3	594.01 **	6124.56 **	368.05 **	3.65 **	172.71 **
Híbridos (Hib)	120	24.2 **	1747.71 **	121.03 **	0.89 **	23.02 **
Hib simples (HS)	91	22.87 **	1783.82 **	118.8 **	0.9 **	20.67 **
Hib triples (HT)	24	14.96 **	1608.96 **	76.18 **	0.96 **	29.83 **
Testigos (TEST)	3	2.40	1277.24 **	563.23 **	0.27 **	40.68 **
HS vs HT	1	306.23 **	1348.02	170.46 *	0.31	0.42
HT vs TEST	1	0.01	4929.46 **	134.73	0.2	33.39 *
Hib x Loc	240	5.85	268.61	33.23	0.48	7.7 **
HS x LOC	182	6.23 *	269.56 *	32.5 *	0.49	7.87 **
HT x LOC	48	4.5	295.37	34.79	0.42	5.46
TEST x LOC	6	2.02	152.37	56.75	0.98 **	16.42 **
ERROR		4.92	235.95	27.17	0.41	4.63
C V		2.17	8.25	10.59	21.46	19.36
RANGO		79-118	115-300	24-95	1--5	3.60-23.24
MEDIA HS		102.63	186.37	49.03	2.96	11.18
HT		101.03	189.07	50.6	3.02	11.24
TEST		101.04	180.87	48.76	2.96	10.51

\*, \*\*, Significativo, al .05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; FF= Floración femenina; AP= Atura de planta; RMP= Relación mazorca-planta; CALP=Calificación de planta; REND= Rendimiento de la mazorca; G. L.= Grado de libertad.

Leyva (2007) menciona que en el diseño bloques al azar se debe de mantener la variabilidad entre las unidades experimentales dentro de un bloque y maximizar la diferencia entre bloques. En este trabajo se cumplió con dicha aseveración ya que la fuente de variación bloques dentro de localidades, presento diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables.

En lo que respecta a la fuente de variación híbridos hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para todos los caracteres bajo estudio, lo cual es indicativo de una amplia variabilidad genética que presenta la población de

maíz enano, que fue punto de partida para la generación de estos híbridos. Otra posible causa de esta variación puede ser atribuible a la constitución genética del material evaluado estuvieron constituidos por dos líneas y otras por tres.

Al observar que los híbridos presentaron diferencias significativas y para diferenciar el potencial agronómico, se hizo una partición en simples, triples y testigos, para medir la variación dentro de cada grupo, además, se realizó una comparación entre estos materiales a través de contrastes ortogonales para establecer su relación (Cuadro 4.1).

Tanto los híbridos simples como los triples tuvieron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para las cinco variables que se analizaron, esto indica que tanto híbridos simples como triples presentan una amplia variabilidad genética entre ellos, además tales diferencias se deben a la formación de los híbridos, lo cual da la oportunidad de seleccionar entre ellas.

Los testigos presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en todas las variables menos en la variable FF, esto se debe a que los materiales proceden de diferente constitución genética ya que los tres son híbridos dobles y uno es simple.

Al hacer la comparación de híbridos Simples vs híbridos Triples se encontró que solamente fueron diferentes en dos características, RMP y FF

( $P \leq 0.05$ ,  $P \leq 0.01$ , respectivamente) en donde el primer tipo de cruza fueron mas tardíos pero con una mejor relación mazorca-planta.

Para el contraste híbridos Triples vs Testigos, se detecto que las variables AP y REND presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ,  $P \leq 0.05$ , respectivamente) en donde los híbridos triples fueron mejores ya que presentaron mayor altura, además de que tuvieron un mejor rendimiento que los testigos.

En lo que respecta a la fuente de variación Híbridos por localidad (Cuadro 4.1) se observo que solo la variable Rend presento diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) lo cual refleja que el rendimiento de mazorca es una característica altamente sensible al medio ambiente.

Este resultado refleja que los genotipos cambian de orden relativo a través de las localidades lo que es indicativo de inestabilidad, complicando de esta manera la selección ya que se debe considerar cual de los materiales es más estable.

Por otro lado, al particionar la interacción de Híbridos x localidades se observo que los híbridos triples fueron más estables para todas las variables que los híbridos simples, a través de localidades quizás pudo ser debido a que las primeras amortiguan mejor las condiciones ambientales (temperatura, precipitación, tipo de suelo, etc.) debido a su mayor diversidad genética ya que

en su formación intervinieron tres líneas mientras que en las otras su composición es solamente de dos padres.

La misma tendencia se observó en la interacción de testigos x localidad, ya que de las cinco características evaluadas solo dos presentaron significancia ( $P \leq 0.01$ ) que fueron CALP y REND, lo cual refleja que aunque los testigos son materiales seleccionados con anterioridad por el programa de mejoramiento, estos en forma general no presentan una excelente estabilidad, de ahí la importancia de estar generando más y mejores genotipos que sustituyan a los tradicionales.

Al haber encontrado diferencias estadísticas en los híbridos en la mayoría de las características evaluadas, hace más difícil la selección de los mejores híbridos. Para subsanar esta dificultad se desarrolló un índice de selección donde se conjuntaron las características agronómicas para analizarlas en forma general cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2 Concentración del Análisis de varianza para la variable índices de los 121 híbridos evaluados en tres localidades durante el 2008.

F. V.	Gl	Suma de cuadrados	C. M.	
Localidades (Loc)	2	23.33	11.66	
Bloques/Loc	3	177.85	59.28	**
Híbridos (Hib)	120	3344.24	27.86	**
Hib simples (HS)	91	2595.75	28.52	**
Hib triples (HT)	24	644.39	26.84	**
Testigos (tes)	3	26.68	8.89	
HS VS HT	1	41.88	41.88	*
CTVS TEST	1	1.29	1.29	
Hib x Loc	240	2335.85	9.73	**
HS x Loc	182	1825.26	10.02	**
HT x Loc	48	413.79	8.62	
TEST x Loc	6	54.08	9.01	
ERROR			7.17	
MEDIA			11.3	
CV			23.68	

\*, \*\*, Significativo, al .05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; F. V.= Fuente de variación; G L= Grados de libertad; C. M.= Cuadrados medios; C V= Coeficiente de variación.

En este cuadro se puede observar que la fuente de variación híbridos, así como los componentes de su partición presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) a excepción de los testigos. Si anteriormente se había observado que para cada variable los híbridos fueron diferentes, era de esperarse que al agrupar todos los caracteres en un solo valor, se mantuvieran esas diferencias.

En el caso de la interacción Híbridos x localidad también se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) causadas principalmente por los híbridos simples.

Híbridos simples x localidad presento diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) debido a que los valores de los índices de los híbridos mostraron diferente comportamiento en cada una de las localidades.

Al haber encontrado diferencias significativas para la interacción híbridos por localidad siendo más difícil la selección de los híbridos, se prosiguió a realizar un análisis con base en el modelo SREG que genera una interpretativa grafica de acuerdo al índice de híbridos simples, triples y los testigos el cual se muestra en la Figura 4.1.

En esta figura se puede observar que las localidades fueron representativas dentro de un mega ambiente ya que el ángulo formado por las localidades fue menor de  $90^\circ$  por lo que permite una buena elección de los híbridos.

Con respecto a los ambientes de la Figura 4.1 se puede apreciar que las localidades de Nuevo León e Hidalgo presentaron vectores con un ángulo muy reducido lo que indica que estos dos ambientes tienden a presentar una similitud en el comportamiento de los híbridos, por lo que se puede recomendar eliminar a una de ellas sin perder precisión en los resultados en una próxima evaluación.

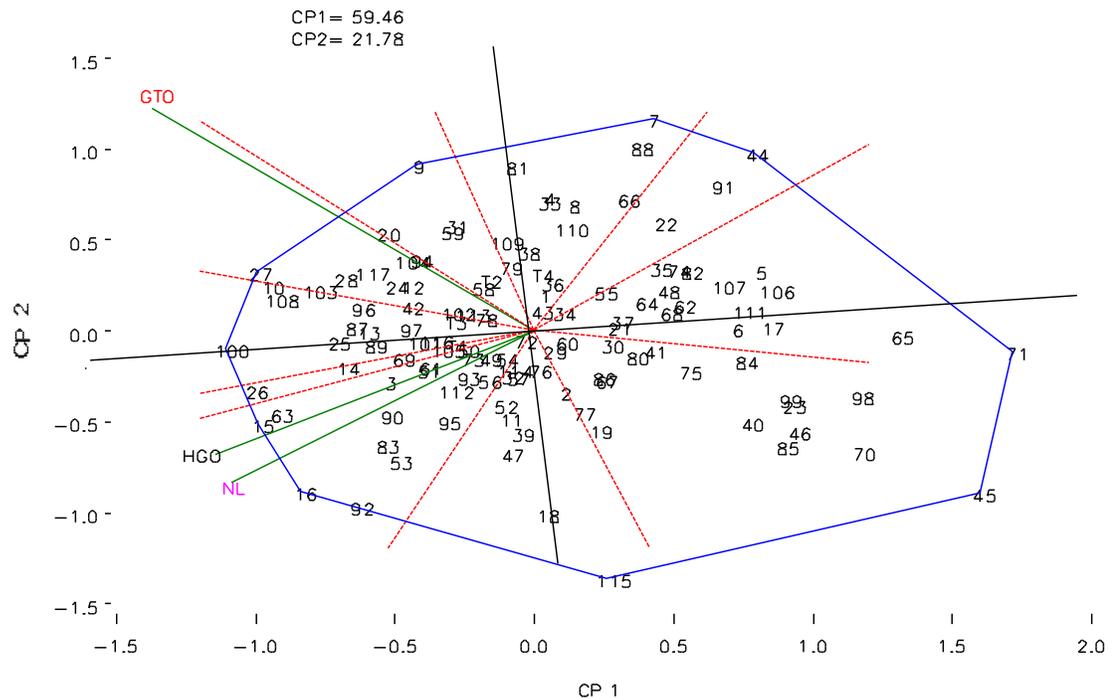


Figura 4.1 Grafica biplot GGE. Patrón de respuesta de acuerdo al índice de selección para híbridos simples y triples. CP1 y CP2= Primero y segundo componente principal.

La localidad de Celaya, Gto., presenta el vector más largo, lo cual indica que tuvo el mayor poder de discriminación de los híbridos.

En la localidad de Celaya, Gto. se encontró que los híbridos que presentaron el mejor valor de índice fueron el: 27, 103, 28, 117, 24. Para la localidad de Tlahuelilpan los mejores híbridos fueron el: 26, 15, 63, 14, 69. El Prado presenta como los mejores híbridos al 15, 63, 3, 69, 51, cuya genealogía de estos híbridos se encuentra el cuadro **A2** del apéndice.

La Figura 4.2 muestra un acercamiento del área de interés de la Figura 4.1, en la cual los híbridos más estables son aquellos que presente un índice más bajo, y esta más cercano a La línea del ambiente virtual. De acuerdo a esta figura, los testigos uno y tres presentaron una similitud tanto en estabilidad como en tener el menor índice de los cuatro testigos. El testigo uno es el que muestra un mejor comportamiento tanto en estabilidad como en su índice.

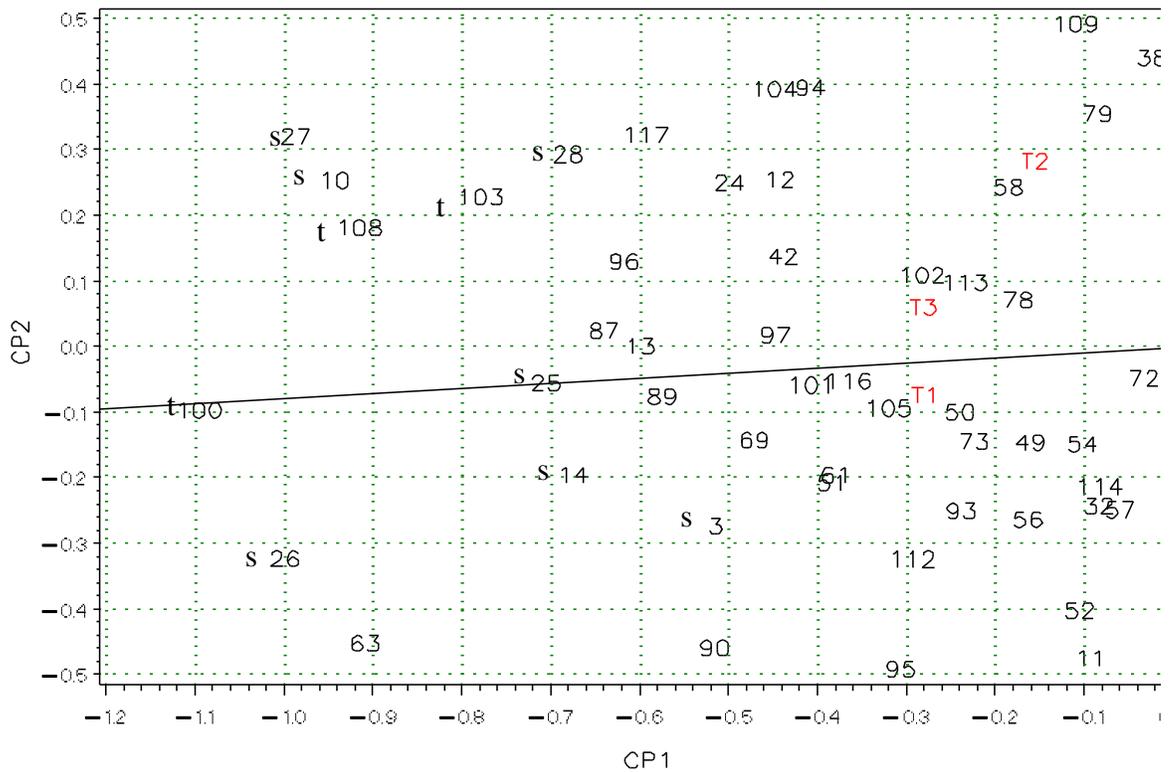


Figura 4.2 Proyección del recuadro de la figura 4.1 donde se aprecian híbridos simples y triples más estables, además de los testigos.

De acuerdo a esta figura, se puede observar que de los 121 híbridos evaluados solo 30 híbridos superaron a los testigos en cuanto al índice de selección se refiere.

Sin embargo, solo 8 de los 30 híbridos presentaron una buena estabilidad, por su cercanía al ambiente virtual; el resto aun cuando mostro un índice bajo son inestables.

En el Cuadro 4.3 se concentro la genealogía de los mejores 10 híbridos en cuanto a índice se refiere, en donde se puede apreciar que solo tres fueron híbridos triples y el resto simples lo cual se contrapone a lo que dice Torres (2006), que los híbridos simples son mejores que los triples. También se puede observar que la línea LBCPC4S4 participo en la formación de cinco de los mejores híbridos, aunque quizás es la que origine la inestabilidad.

**Cuadro 4.3** Genealogía de los híbridos con mejor índice y estabilidad.

Hibrido	Genealogía
100	(255-18-19-60xMLS4-1) x PE-112-7-A-A-3-1
26	(NE) MLS4-1-2-2 x LBCPC4S4
27	(NE) MLS4-1-2-3 x LBCPC4S4
10	255-18-19-60-A-A x MLS4-1
108	(MLS4-1 x LBCPC4S4) x PE-112-7-A-A-3-1
63	PE-114-3-A-A-3-7 x PE-114-3-A-A-1-1
103	(MLS4-1 x PE-115-3) x PE-112-7-A-A-3-6
25	(NE) MLS4-1-1-2 x LBCPC4S4
28	LBCPC4S4 x (NE) MLS4-1-1-3
14	(PEEC1)-15-1-5 x (NE) MLS4-1-1-2

## **Híbridos simples**

En la formación de los híbridos bajo prueba, algunas líneas fueron apareadas con más de dos probadores (líneas o cruza simples) por lo que hizo posible analizar la información bajo el diseño línea x probador, propuesto por Sing y Chaudary (1985). Primeramente se abordara el comportamiento de las cruza simples, cuyos resultados fueron concentrados en el Cuadro 4.4.

En dicho cuadro se puede apreciar el análisis de varianza de híbridos simples con la estrategia de línea por probador con datos des balanceados para las características de importancia de tal suerte que la partición de las principales fuentes de variación sería línea, probador y línea por probador.

Por lo que respecta a la fuente de variación líneas y probadores, se puede observar que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables bajo estudio. Estos resultados reflejan que la población de maíz enano presenta una amplia variabilidad genética. Lo anterior muestra que hay posibilidades de seleccionar líneas con buen potencial genético que darán origen a nuevas combinaciones de híbridos.

Los efectos de dominancia no fueron de importancia, ya que la interacción línea por probador no fue significativa; estos resultados eran de esperarse ya que los cruzamientos se llevaron a cabo con materiales pertenecientes a una misma población. Ante estos resultados se puede establecer que los efectos genéticos más importantes dentro de la población

enana fueron los aditivos, por lo que esta población puede mejorarse a través de esquema de selección recurrente.

En la interacción de líneas x localidad no se observó diferencias significativas en todas las características. Mientras que los probadores x localidad se encontró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para AP y REND, indicando que hubo un comportamiento diferente en el potencial con los probadores a través de localidades para las características evaluadas.

Finalmente, la triple intervención de líneas x probador x localidades fue no significativa para todas las características evaluadas, indicando que el material genético utilizado contiene genes que minimizan los efectos de localidades.

**Cuadro 4.4** Análisis de varianza general mostrando los cuadrados medios y sus significancias en las híbridos simples.

	G.L.	FF Días	AP cm.	RMP %	CALP 1-5	REND Ton/ha
Localidades (loc)	2	17585 **	73666.42 **	1021.66 **	13.10 **	729.58 **
Bloques/loc	3	428 **	5006.31 **	211.28 **	3.38 **	130.51 **, *
Línea	18	25.5 **	1268.04 **	113.84 **	0.86 *	20.78 **
Probador	54	13.06 **	2100.04 **	89.90 **	0.80 **	21.51 **
Línea x prob	13	5.83	266.06	30.68	0.41	4.15
Línea x loc	36	6.15	247.35	36.28	0.76	5.99
Prob x loc	108	5.87	295.91 *	34.55	0.44	7.89 **
Línea x prob x loc	26	3.87	187.14	27.36	0.30	6.60
Ee		4.76	207.92	25.11	0.45	4.74
Cv		2.13	7.74	10.22	22.53	19.46

\*, \*\*, Significativo, al .05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; F. V.= Fuente de variación; G. L.= Grado de libertad; FF= Floración femenina; AP= Atura de planta; RMP= Relación mazorca-planta; CALP=Calificación de planta; REND= Rendimiento de la mazorca; Ee= Error experimental; Cv= Coeficiente de variación.

Como se encontró que las líneas involucradas en la formación de los híbridos simples presentaron diferencias, para todas las variables es factible seleccionar las mejores, considerando sus efectos de aptitud combinatoria general (ACG) que fue estimada para cada una de las variables bajo observación e integradas en un solo valor, por medio de los índices de selección. Además, este índice se explicó con el modelo SREG para seleccionar las líneas de efectos más estables a través de localidades, cuyos resultados se concentraron en la **Figura 4.3**.

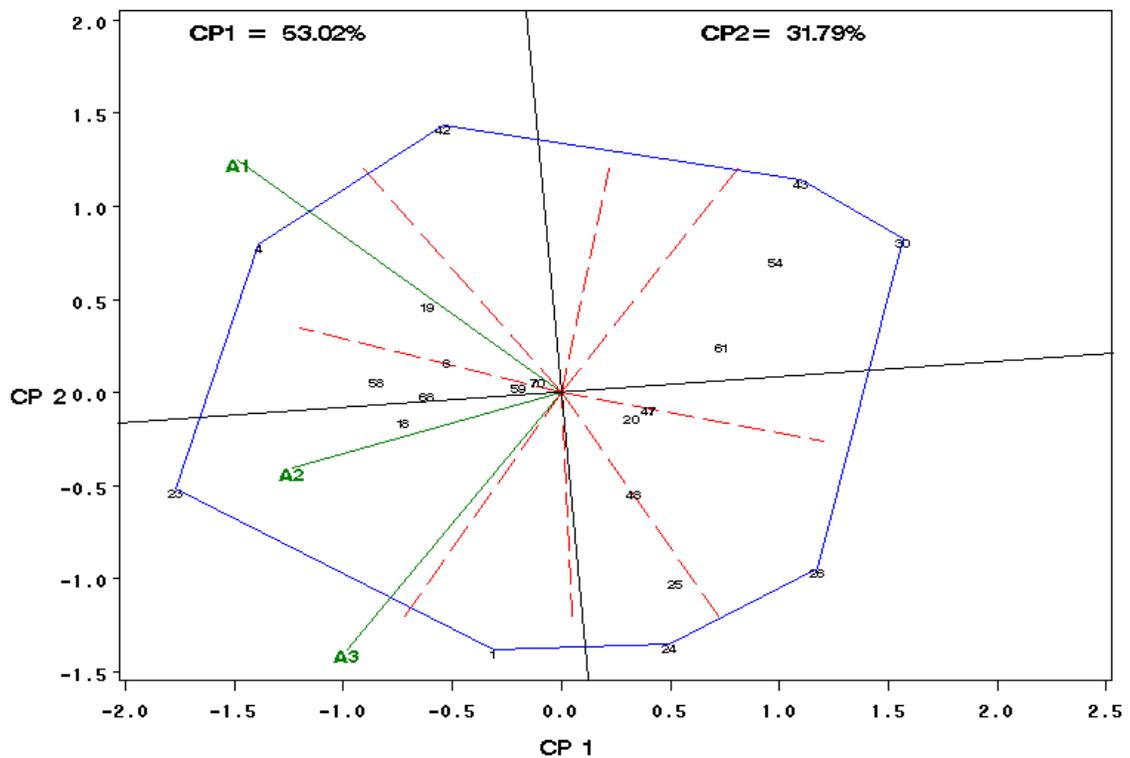


Figura 4.3 Grafica biplot GGE. Patrón de respuesta de acuerdo al índice de selección de la AC de las líneas que formaron los híbridos simples. CP1 y CP2= Primero y segundo componente principal.

Las tres localidades siguieron siendo representativas dentro de un mega ambiente ya que el ángulo formado por las localidades fue menor de 90°. La localidad de Celaya, Gto., siguió mostrando el vector más largo, teniendo el mayor poder de discriminación de las líneas.

En esta figura se observa que las líneas que presentaron los mejores efectos de aptitud combinatoria general para 8 características agronómicas concentradas en el índice de selección fueron la 23 y la 4, aunque presentan el inconveniente de no ser tan estables. Mientras que las líneas 58, 68 y 18 presentan una buena estabilidad aunque su índice de selección es más alto que las dos primeras pero aceptable.

### **Híbridos triples**

También se partitionaron los híbridos triples en línea y probador, donde estos últimos fueron las cruza simples. Los resultados para este tipo de híbridos se concentraron en el Cuadro 4.6.

**Cuadro4.6** Análisis de varianza de los cuadrados medios de las cruzas triples, donde se muestran las características agronómicas con sus respectivas significancias.

F. V.	GL	FF Días	AP cm	RMP cm	CALP 1-5	REND Ton/ha
Localidad (loc)	2	4795.11 **	23884.67 **	203.39 *	1.89	133.49 **
Bloque/loc	3	83.1 **	797.03	174.06 **	0.43	29.61 **
Línea	7	27.04 **	2719.29 **	102.08	1.91 **	31.97 **
Probador	4	11.56	613.40	109.95	1.30	26.04 **
Línea x prob	11	11.36	1049.98 **	72.80	0.53	31.31 **
Línea x loc	14	4.75	558.83	38.85	0.43	4.07
Prob x loc	8	5.08	149.46	62.38	0.47	10.33
líneaxprobxloc	22	3.35	240.66	28.07	0.32	4.47
Ee		6.48	314.03	36.04	0.37	4.21
Cv		2.52	9.34	11.95	20.20	18.23

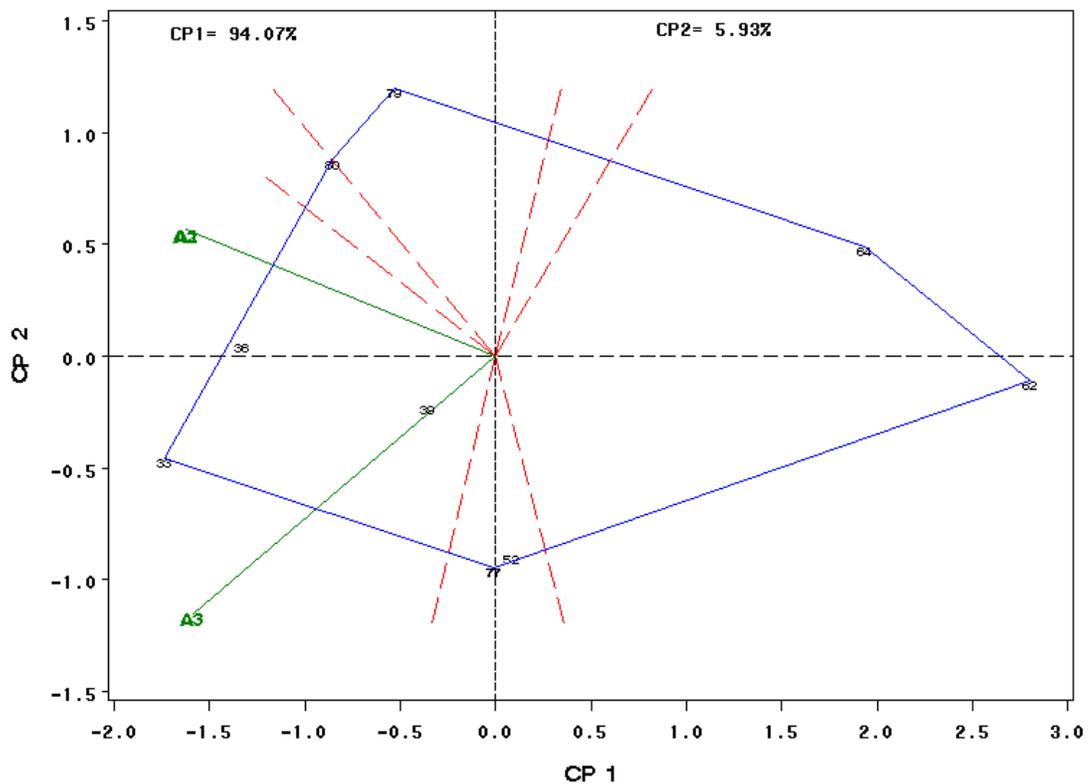
\*, \*\*, Significativo, altamente significativo al .05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; F. V.= Fuente de variación; G. L.= Grado de libertad; FF= Floración femenina; AP= Atura de planta; RMP= Relación mazorca-planta; CALP=Calificación de planta; REND= Rendimiento de la mazorca; Ee= Error experimental; Cv= coeficiente de variación.

Se puede apreciar que para la fuente de variación líneas hubo una alta significancia ( $P \leq 0.01$ ), para floración femenina, altura de planta, calificación de planta y rendimiento, debido que hay variación en los medios de respuesta de las líneas para las características en cuestión, por lo que hay la posibilidad de identificar genotipos y ser estos combinados con otro germoplasma sobresaliente para alcanzar los objetivos deseados en un programa de hibridación.

Por lo que respecta a probadores, el análisis de varianza solo detectó diferencias para la característica rendimiento ( $P \leq 0.01$ ) estableciendo, en forma general, que existe mucha similitud entre las cruzas simples utilizadas como probadores.

En la interacción de línea x probador solo mostró significancia ( $P \leq 0.01$ ) para altura de planta y rendimiento. Estos resultados reflejan una vez más que los efectos aditivos juegan un papel importante en el comportamiento de los híbridos formados dentro de la población enana.

La interacción línea x localidad y probador x localidad mostraron no significancia para todas las características evaluadas. Lo anterior indica que todas las líneas como los probadores amortiguaron bien los efectos del medio ambiente y esto se puede explicar por su fondo genético. Sin embargo, para hacer más efectiva la selección de las mejores líneas, también se aplicó el modelo SREG para el valor de la ACG de las líneas agrupadas en un índice de selección, cuyos resultados se pueden observar en la Figura 4.4.



**Figura 4.4** Grafica biplot GGE. Patrón de respuesta de acuerdo al índice de selección de la AC de las líneas que formaron los híbridos triples. CP1 y CP2= Primero y segundo componente principal.

En esta Figura se observa que la línea 33 es la que presenta el mejor valor de índice sin embargo no es estable mientras que la línea 38, que tiene un valor de índice ligeramente mayor que la anterior.

Es importante señalar que no se llevo a cabo una selección de los probadores (cruzas simples) debido a que sus valores de ACG, integradas en el índice de selección, fueron muy similares por lo que no se pudo seleccionar alguna. Pudiendo establecer que en trabajos futuros solo se utilice una de estas cruzas como probador.

## **V. CONCLUSIONES**

El comportamiento agronómico de los híbridos evaluados fue variable siendo los híbridos 100, 25, 87, 13 y 89 los que presentaron un buen índice de selección y excelente estabilidad superior a los testigos.

Las líneas que presentaron la mejor aptitud combinatoria general para 8 variables agronómicas concentradas en un índice de selección fueron la 33, 23, 36, 58, 68 y 18, teniendo, estas últimas cuatro líneas la propiedad de ser las más estables a través de los ambientes.

## RESUMEN

Para la formación de nuevos híbridos se debe de tomar en cuenta la amplia base genética que constituye las líneas a utilizar y el comportamiento que presentan dentro de los diferentes ambientes. El objetivo del presente trabajo fue valorar el comportamiento agronómico de 121 híbridos de maíz enano, de los cuales 92 fueron híbridos simples y 25 triples, además de 4 híbridos comerciales; así como la identificación de líneas con excelente potencial genético a través de su aptitud combinatoria general. La evaluación se llevo a cabo en la primavera del 2008 en las localidades de Celaya Gto., Tlahuelilpan Hgo., El Prado, Galeana, Nuevo León con dos repeticiones por localidad, evaluando ocho características de importancia agronómica, que fueron integradas a un índice de selección. Los datos se analizaron bajo un diseño de bloques al azar, particionando la fuente híbridos en simples, triples testigos y dos contrastes ortogonales. La interacción genotipo-ambiente se explico con el modelo SREG auxiliándose de graficas biplot-GGE. Para cada tipo de cruza se realizó un análisis de línea x probador, estimando la ACG de las líneas para las ocho variables que se integraron a un índice de selección, y por localidad para modelar la IGA. Los resultados mostraron diferencias estadísticas en las fuentes de variación localidades, híbridos, bloques, híbridos por localidad para cinco características agronómicas, debido al diferente comportamiento que presentaron los híbridos simples y triples, siendo el mismo

resultado para el índice de selección. La grafica biplot SREG, dio como resultado que las tres localidades presentaron un mega ambiente, además de indicar como los mejores híbridos el: 100, 25, 87, 13, 89 en base al mejor índice de selección y a una buena estabilidad. El diseño de línea por probador en híbridos simples presento diferencias significativas en la fuente de variación líneas y probadores en las características analizadas, siendo el resultado similar para los híbridos triples. La grafica biplot SREG, mostro que para la formación de los híbridos simples las líneas con mejor índice de selección fueron la 23 y 4 y las que presentaron una mejor estabilidad fueron la 58, 68 y 18; para los híbridos triples la línea que presento el mejor índice fue la 33 y la que presento mayor estabilidad fue la línea 38 aunque con un índice ligeramente mayor. Por lo que se puede decir que existe una gran variabilidad genética dentro de una población enana.

**Palabras clave:** Hibridación, Interacción genotipo-ambiente, índices de selección, Aptitud Combinatoria General.

## VI. LITERATURA CITADA

**Aguiluz, Adán.** 1998. evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L) de grano blanco y amarillo en ambientes de centro América, Panamá y el Caribe en 1996. *Agronomía mesoamericana* 9(1): 28-37.

**Barreto, H. J. A. Bolaños y H. S. Córdova.** 1991. Índice de selección: guía para la operación del software. Manual de Capacitación Regional. Programa Regional para Centroamérica y el Caribe, Apdo. postal, Guatemala.

**Barrera, G. E., A. Muños, O., F. Márquez, S., A. Martínez, G.** 2005. Aptitud combinatoria en razas de maíz mejoradas por retrocruza limitada. I: caracteres agronómicos. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 28(3): 231-242.

**Bolaños, J., G. O. Edmeades.** 1990. La importancia del intervalo de la floración en el mejoramiento para la resistencia a sequía en maíz tropical. *Agronomía mesoamericana* 1: 45-50.

**Biasutti, C. A., D. A. Peiretti, M. C. Nazar y G. A. Alemanno.** 2004. Respuesta a la selección masal por prolificidad en maíz en diferentes ambientes. *Agrosciencia*, Vol. XXI (2): 45-50.

- Castañon**, G., R. Cruz, R. Del Pino, E. Panzo, M. Montiel, L. Filobello. 2000. Selección de líneas de maíz por resistencia a sequía. *Agronomía mesoamericana* 11(1): 163-169.
- Cerón**, R. J. de J., J. Sahagún, C. 2005. A selection index based on principal components. *Agrociencia* 39: 667-677.
- Córdova**, H. S. 1991. Estimación de Parámetros de Estabilidad para Determinar la Respuesta de híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) a Ambientes Contrastantes de Centro América, Panamá y México. *Agronomía mesoamericana* 2: 01-10.
- Coutiño**, E. B., V. A. Vidal, M. 2003. Grain yield stability of corn hybrids using best linear unbiased predictors. *Agrociencia* vol. 37(006): 605-616.
- De León**, C. H., F. Rincón, S., M. H. Reyes, V., D. Sámano, G., G. Martínez Z., R. Cavazos, C., y J. D. Figueroa, C. 2005. Potencial de rendimiento y estabilidad de combinaciones germoplásmicas formadas entre grupos de maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* 28 (2): 135-143.
- De la Rosa** A., H. de León, G. Martínez, F. Rincón. 2000. heterosis, habilidad combinatoria y diversidad genética en híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía mesoamericana* 11(1): 113-122.

**Elizarraras, C. M. E.** 2006. Mejoramiento de la expresión heterótica de dos grupos germoplásmicos mediante identificación de probadores adecuados. UAAAN.

**Elizarraras, C. J. J.** 2003. Evaluación, comparación y selección de cruzas simples, triples y dobles experimentales de maíz (*Zea mays* L.) constituidas por germoplasma del Bajío y Trópico mexicano. Tesis, UAAAN.

**González, S., H. Córdova, S. Rodríguez, H. De León, H. Serrato.** 1997. Determinación de un patrón heterotico a partir de la evaluación de un dialelico de diez líneas de maíz tropical. *Agronomía mesoamericana* 8(1): 01-07.

**Gordón, M. R., I. Camargo, B., J. Franco, B., A. González, S.** 2006. Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, asuero, Panamá. *Agronomía mesoamericana* 17(2): 189-199.

**Hernández, P. C.** 2003. Potencial de rendimiento de líneas derivadas de dos poblaciones con diferente dosis de germoplasma criollo y mejorado. UAAAN.

- Hernández, C. J. M., G. Esquivel, E. 2004.** Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 27 (numero especial): 27-31.
- Leyva, E. Mayolo. 2007.** Comportamiento de híbridos triples con progenitores de diferente fondo genético para elección de dosis germoplasmicas optimas de maíz. UAAAN.
- Luna, F. M., J. R. Gutiérrez, S. 2000.** Investigación fisiotecnica de maíz de temporal en la región alta del norte de México. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 23: 195-210.
- Márquez, H. J. M. 1992.** Caracterización sistemática, parámetros genéticos e índices de selección, de la colección de jícama (*Pachyrhizus erosus* L urban) del CATIE. Centro agronómico Tropical de investigación y enseñanza. Costa Rica.
- Mendoza, M., A. Oyervides, A. López. 2000.** nuevos cultivares de maíz con potencial agronómico para el trópico húmedo. *Agronomía mesoamericana* 11(1): 83-88.
- Montenegro, T. H., F. Rincón, S., N. A Ruiz, T., H. De León, C., G. Castañón, N. 2002.** Potencial genético y aptitud combinatoria de germoplasma de maíz tropical. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 25(2): 135-142.

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

**Mueller**, J., 2000. Mejoramiento genético de lana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Bariloche. Págs: 1-10.

**Peña**, D. Alberto Z. 2008. Identificación de germoplasma con atributos para desarrollar híbridos de maíz. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Maestría en ciencias en fitomejoramiento.

**Peña**, R. A., J. D. Eastin, S. D. Kachman, D. J. Andrews. 2002. Selection response for grain yield and its components seed number and seed size in sorghum. Rev. Fitotec. Méx. Vol. 25(1): 49-56.

**Preciado**, O. R. E., A. D. Terrón, I., N. O. Gómez, M., E. I. Robledo, G. 2005. Componentes genéticos en poblaciones heterotípicamente contrastantes de maíz de origen tropical y subtropical. Agronomía mesoamericana 16(2): 145-151.

- Ramírez, D. J. L., M. Chuela, B., V. A. Vidal, M., J. Ron, P., F. Caballero, H.** 2007. Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 30(4): 453-461.
- Rincón, S. F., N. A. Ruiz, T.** 2004. Comparación de estrategias de selección y manejo aplicadas a una población criolla de maíz. *Fitotec. Méx.* Vol. 27 (numero especial): 33-37.
- Romero, P. J. M., J. Sahagún, C., G. Ramírez, V., G. Rendón, S.** 2004. Genotypic selection index supported by linked molecular markers. *Agrociencia* 38: 293-303.
- Ruales, E. F. R., C. Manrique, P.** 2007. Use of Principal Component Analysis for building up a production-type index for Romosinuano (*Bos taurus*) cattle. *Rev. Col Cienc Pec* 20: 124-128.
- Sierra, M., F. Márquez, R. Valdivia, O. Cano, F. A. Rodríguez.** 2000. aptitud combinatoria general y específica de líneas tropicales de maíz usando probadores. *Agronomía mesoamericana* 11(1): 103-112.
- Sierras, M. Mauro.** 2002. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L). Universidad de Colima.

- Torres, H. Darinel.** 2006. Nuevos híbridos de maíz para el bajío mexicano formado con germoplasma interinstitucional (UAAAN-CIMMYT). UAAAN.
- Valencia, M. S., J. J. Vargas, H.** 2000. Genetic correlations and simultaneous selection for growth and wood density in *Pinus patula*. *Agrociencia* 35: 109-120.
- Vasal, S. K., N. Vergara, S. Maclean.** 1994. progreso en mejoramiento para tolerancia a endogamia en poblaciones de maíz tropical. *Agronomía mesoamericana* 5: 135-139.
- Wong, R. R., E. Gutiérrez, Del R., A. Palomo, G., S. Rodríguez, H., H. Córdova, O., A. Espinosa, B., J. J. Lozano, G.** 2007. Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la comarca lagunera, México. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 30(2): 181-189.
- Yan, W.; L. A. Hunt; Q. Sheng and Z. Szlavnics.** 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40 (3): 597-605.
- Yáñez, C. L. F.** 2005. Índices de selección: sugerencias para su utilización. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago. Págs. 107-110.

**Zea**, J. L., J. L. Queme, A. Aguiluz, L. Brizuela, H. Córdova. 1991. Efecto de la selección recurrente por sequía sobre el rendimiento y características agronómicas de líneas S1 de maíz (*Zea mays* L) evaluadas en tres ambientes de centro América. *Agronomía mesoamericana* 2: 11-18.

## Apéndice

Cuadro A1 Genealogía de los 121 híbridos evaluados en las tres localidades

híbrido	Genealogía
1	232-10-11-1-A-A x (PEEC1)-15-5-1
2	232-10-11-1-A-A x (PEEC1)-35-3-2
3	232-10-11-1-A-A x (NE) MLS4-1-1-2
4	232-10-11-1-A-A x LBCPC4S4
5	232-10-11-1-A-A x PE-112-7-A-A-1-2
6	232-10-11-1-A-A x PE-114-3-A-A-1-1
7	232-10-11-1-A-A x PE-114-3-A-A-2-2
8	232-10-11-1-A-A x PE-114-3-A-A-2-3
9	232-10-11R4-E-4 x (NE) MLS4-1-1-2
10	255-18-19-60-A-A x MLS4-1
11	255-18-19-60-A-A x PE-115-3-1
12	(PEEC1)-15-1-3 x (NE) MLS4-1-1-2
13	(PEEC1)-15-1-4 x (NE) MLS4-1-1-2
14	(PEEC1)-15-1-5 x (NE) MLS4-1-1-2
15	(PEEC1)-15-1-5 x LBCPC4S4
16	(PEEC1)-15-1-6 x (NE) MLS4-1-1-2
17	(PEEC1)-15-5-3 x PE-114-3-A-A-1-1
18	(PEEC1)-25-2-2 x PE-115-3-1-5
19	(PEEC1)-35-3-1 x LBCPC4S4
20	(PEEC1)-35-3-2 x PE-114-3-A-A-1-1
21	(PEEC1)-35-5-1 x (NE) MLS4-1-1-2
22	(PEEC1)-35-5-3 x PE-112-7-A-A-1-2
23	(PEEC1)-35-5-4 x PE-112-7-A-A-1-2
24	MLS4-1 x 232-10-11-A-A
25	(NE) MLS4-1-1-2 x LBCPC4S4
26	(NE) MLS4-1-2-2 x LBCPC4S4
27	(NE) MLS4-1-2-3 x LBCPC4S4
28	LBCPC4S4 x (NE) MLS4-1-1-3
29	LBCPC4S4 x PE-114-3-A-A-2-2
30	LBCPC4S4 x PE-114-3-A-A-2-3
31	LBCPC4S4 x PE-115-3-1-3
32	LBCPC4S4-1 x (NE) MLS4-1-1-3
33	LBCPC4S4-1 x PE-114-3-A-A-1-4
34	LBCPC4S4-1 x PE-114-3-A-A-2-3
35	LBCPC4S4-1 x PE-115-3-1-3
36	LBCPC4S4-2 x (NE) MLS4-1-1-3
37	LBCPC4S4-2 x PE-114-3-A-A-1-4
38	LBCPC4S4-2 x PE-115-3-1-3
39	LBCPC4S4-3 x PE-114-3-A-A-2-3
40	LBCPC4S4-3 x PE-115-3-1-13

41 LBCPC4S4-4 x (PEEC1)-35-3-3  
42 PEGC1-1-1 x PE-115-3-1-3  
43 PEGC1-1-2 x PE-114-3-A-A-2-3  
44 PE-112-7-A-A-1-2 x 232-10-11-1-A-A  
45 PE-112-7-A-A-1-2 x (PEEC1)-15-5-3  
46 PE-112-7-A-A-1-2 x PE-114-3-A-A-2-3  
47 PE-112-7-A-A-2-4 x PE-115-3-1-2  
48 PE-112-7-A-A-2-5 x PE-114-3-A-A-2-2  
49 PE-112-7-A-A-3-1 x PE-115-3-1-2  
50 PE-112-7-A-A-3-1 x PE-115-3-1-13  
51 PE-112-7-A-A-3-2 x PE-115-3-3-2  
52 PE-112-7-A-A-3-3 x PE-115-3-3-2  
53 PE-112-7-A-A-3-6 x PE-115-3-3-2  
54 PE-112-7-A-A-3-7 x PE-115-3-1-2  
55 PE-112-7-A-A-4-1 x PE-114-3-A-A-1-1  
56 PE-112-7-A-A-4-1 x PE-115-3-1-13  
57 PE-112-7-A-A-4-2 x PE-115-3-1-13  
58 PE-112-7-A-A-4-3 x PE-115-3-1-13  
59 PE-112-7-A-A-4-7 x (NE) MLS4-1-1-2  
60 PE-112-7-A-A-4-7 x PE-115-3-1-13  
61 PE-114-2 x 232-10-11-1-A-A  
62 PE-114-2 x (NE) MLS4-1-1-2  
63 PE-114-2 x PE-115-3-1-2  
64 PE-114-3-A-A-1-1 x PE-114-3-A-A-2-2  
65 PE-114-3-A-A-1-1 x PE-114-3-A-A-5-5  
66 PE-114-3-A-A-1-1 x PE-114-3-A-A-5-6  
67 PE-114-3-A-A-1-2 x (PEEC1)-15-1-5  
68 PE-114-3-A-A-3-5 x PE-115-3-1-5  
69 PE-114-3-A-A-3-5 x PE-115-3-3-2  
70 PE-114-3-A-A-3-6 x PE-115-3-1-5  
71 PE-114-3-A-A-3-7 x PE-114-3-A-A-1-1  
72 PE-114-3-A-A-4-1 x PE-115-3-1-2  
73 PE-114-3-A-A-4-2 x PE-115-3-1-2  
74 PE-114-3-A-A-5-6 x PE-115-3-3-2  
75 PE-115-3-5 x (NE) MLS4-1-1-3  
76 PE-115-3-5 x PE-114-3-A-A-2-3  
77 PE-115-3-1-3 x PE-114-3-A-A-5-5  
78 PE-115-3-1-4 x PE-114-3-A-A-5-5  
79 PE-115-3-1-8 x PE-114-3-A-A-5-5  
80 PE-115-3-1-10 x PE-114-3-A-A-2-2  
81 PE-115-3-1-11 x (NE) MLS4-1-1-2  
82 PE-115-3-1-12 x PE-114-3-A-A-1-1  
83 PE-115-3-3-1 x PE-114-3-A-A-2-2  
84 PE-115-3-3-2 x LBCPC4S4  
85 PE-115-3-3-2 x PE-114-3-A-A-1-1  
86 PE-115-3-3-A-1 x (NE) MLS4-1-1-3  
87 (PE-106-8XLBCPC4S4)-2-A-2-3 x PE-114-3-A-A-2-1

- 88 (PE-202-4XLBCPC4S4)-3-A-11-A x PE-115-3-1-2
- 89 (PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-1 x PE-115-3-1-2
- 90 (PE-203-2XPE-105-1)-1-A-7-1 x LBCPC4S4
- 91 (PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-2 x PE-115-3-1-2
- 92 (PE-203-2XPE-105-1)-1-A-7-4 x LBCPC4S4

#### HIBRIDOS TRIPLES

- 93 (255-18-19-60xPE-115-3-1) x PE-112-7-A-A-3-1
- 94 (255-18-19-60xPE-115-3-1) x PE-112-7-A-A-3-6
- 95 (255-18-19-60xPE-115-3-1) x PE-112-7-A-A-4-2
- 96 (255-18-19-60xPE-115-3-1) x PE-112-7-A-A-4-3
- 97 (255-18-19-60xPE-115-3-1) x PE-114-3-A-A-4-1
- 98 (255-18-19-60xPE-115-3-1) x PE-115-3-1-6
- 99 (255-18-19-60xPE-115-3-1) x PE-115-3-1-9
- 100 (255-18-19-60xMLS4-1) x PE-112-7-A-A-3-1
- 101 (255-18-19-60xMLS4-1) x PE-114-3-A-A-4-1
- 102 (MLS4-1XPE-115-3) x PE-112-7-A-A-3-1
- 103 (MLS4-1XPE-115-3) x PE-112-7-A-A-3-6
- 104 (MLS4-1XPE-115-3) x PE-112-7-A-A-4-2
- 105 (MLS4-1XPE-115-3) x PE-114-3-A-A-4-1
- 106 (MLS4-1xPE-115-3) x PE-115-3-1-6
- 107 (MLS4-1xPE-115-3) x PE-115-3-1-9
- 108 (MLS4-1XLBCPC4S4) x PE-112-7-A-A-3-1
- 109 (MLS4-1XLBCPC4S4) x PE-112-7-A-A-3-6
- 110 (MLS4-1XLBCPC4S4) x PE-112-7-A-A-4-2
- 111 (MLS4-1XLBCPC4S4) x PE-114-3-A-A-4-1
- 112 (MLS4-1xLBCPC4S4) x PE-115-3-1-6
- 113 (MLS4-1xLBCPC4S4) x PE-115-3-1-9
- 114 (MLS4-1x232-10-11-1-A-A) x 255-18-19N-14-1-A-4-2-A
- 115 (MLS4-1x232-10-11-1-A-A) x PE-114-3-A-A-4-1
- 116 (LBCPC4S4 x MLS4-A) x PE-115-3-1
- 117 (LBCPC4S4 x MLS4-A) x PE-115-3-1

#### TESTIGOS

#### HIBRIDOS DOBLES

- 118 (MLS4-1x232-10-11-1-A-A) x (255-18-19-60xPE-115-3-1)
- 119 (MLS4-1xPE-115-3) x (255-18-19-60xPE-115-3-1)
- 120 (MLS4-1xLBCPC4S4) x (255-18-19-60xPE-115-3-1)

#### HIBRIDO SIMPLE

- 121 MLS4-1 x 232-10-11-A-A
-

Cuadro A2 Metas e intensidad de 8 características agronómicas

CARACT	INTENSIDAD	METAS					
		REP 1	REP 2	REP 3	REP 4	REP 5	REP 6
FM	7	-1,52	-1,57	-1,37	-1,5	-1,43	-1,28
CALM	7	-1,63	-0,63	-1,5	-0,75	-1,86	-0,6
MC	6	-0,64	-0,66	-0,8	-0,75	-0,76	-0,84
SF	5	-0,69	-1,08	-1,67	-1,57	-1,5	-1,27
AR	8	-0,71	-0,48	-0,4	-0,55	-0,61	-0,38
RMP	10	-1,31	-1,09	-1,25	-1,42	-1,21	-1,56
PF	9	-0,96	-1,19	-0,8	-0,75		
REND	10	1,2	1,32	1,29	1,25	1,27	1,17

FM= Floración masculina; CALM= Calificación de mazorca; MC= Mala cobertura; SF= Sincronía floral; AR= Acame de raíz; RMP= relación mazorca-planta; PF= Plantas con fusarium; REND= Rendimiento de mazorca

Cuadro A3 Aptitud combinatoria general de Híbridos simples para 14 características agronómicas

LOCALIDAD	LINEA	FM	FF	SF	AP	AM	RMP	AR	AT	MC	PF	PROL	CALP	CALM	REND
1	1	-0.5699	-0.4111	-0.1588	-10.03	-17.27	-6.0738	1.8767	2.6282	-2.828	16.14	2.6005	-0.3834	1.019	-1.64998
1	4	-1.5887	-0.9361	-0.6526	-8.845	-12.3	-3.7175	0.4454	-1.009	-5.4155	-12.82	-14.95	-0.4959	-0.025	2.05722
1	8	1.46134	1.83892	-0.3776	1.9047	-1.799	-0.9175	-1.78	-1.309	0.8595	-10.17	0.4755	-0.3209	-0.575	2.8984
1	18	-2.372	-1.2861	-1.0859	-3.304	-19.09	-8.3342	0.6787	0.1907	-6.4322	-7.048	-14.48	-0.5292	0.4669	1.21385
1	19	-1.3637	-0.4861	-0.8776	10.655	2.5761	-1.1925	-0.38	-0.434	-6.8155	-14.25	-1.25	-0.4459	0.0003	4.4336
1	20	-1.9887	-1.7361	-0.2526	23.155	23.701	5.3825	0.9454	-1.009	-3.1155	3.177	5.5505	0.10412	-0.425	3.46322
1	23	-1.4206	-0.5986	-0.822	0.981	-6.174	-3.0633	1.0398	-0.837	1.172	-4.2	-1.427	-0.3278	0.085	1.45446
1	24	1.33634	0.71392	0.6224	-14.97	-2.424	2.7075	3.9704	4.9407	-8.2655	19.83	11.726	0.42912	0.1753	-1.28086
1	25	-0.9553	-1.0361	0.0808	1.988	13.201	5.74915	4.3454	-0.809	3.4846	15.91	8.1839	0.13746	-0.325	0.34786
1	26	0.87801	0.79726	0.0808	-6.845	3.2012	3.58245	2.3454	1.1907	0.9846	28.41	2.0172	0.13746	0.0086	-1.59682
1	30	-0.9553	-1.2027	0.2474	-20.18	-19.72	-5.0009	0.012	-0.059	17.485	-3.839	2.7672	-0.0292	0.9253	-1.87123
1	42	-1.622	-0.8694	-0.7526	-8.512	-10.13	-2.5842	-0.988	0.524	-3.5155	1.244	-13.15	0.47079	0.0086	1.25719
1	43	2.43753	2.03534	0.4022	-15.71	-4.954	1.74915	-1.333	0.5479	3.2226	-10.49	-2.34	0.39936	-0.122	-1.87278
1	47	1.46134	1.13059	0.3308	-4.345	-4.716	-1.9176	-1.071	-0.559	0.0679	15.24	-0.15	0.47079	0.5919	-1.85773
1	48	2.8542	2.1782	0.676	-16.63	-12.51	-2.1318	1.5597	-0.452	-5.5869	-4.708	4.2791	0.01841	0.5324	-1.4022
1	54	1.96134	1.83892	0.1224	-3.72	5.7011	4.0825	0.3454	-0.184	-4.8905	-15.42	-7.65	0.30412	-0.45	-1.18886
1	58	1.10023	0.96392	0.1363	7.8769	4.0344	0.19355	-0.377	-0.643	-2.9044	3.188	-0.205	0.19302	-0.269	-0.80904
1	59	0.02384	0.21392	-0.1901	4.4047	4.4511	1.395	0.5329	0.9407	0.922	13.33	-11.27	-0.0084	-0.2	0.76154
1	61	-0.4553	-1.0361	0.5808	11.488	9.8677	2.24915	-2.655	-1.309	2.1512	13.74	14.517	0.80413	0.1753	-1.55582
1	68	-0.2172	-0.4647	0.2474	-1.703	4.6297	2.7968	0.3454	-0.238	-3.0869	5.577	0.8505	0.08984	-0.182	-0.36062
1	70	0.13634	0.08892	0.0474	9.3797	4.1511	0.0075	-1.095	-1.309	14.085	-3.648	-3.775	0.10412	-0.3	0.02377
2	1	-0.9791	-0.8318	-0.1472	-11.47	-16.41	-5.8927	0.3038	-0.031	-5.3299	-5.33	-3.148	-0.0735	0.1343	-0.44251
2	4	-1.8103	-0.8443	-0.966	-17.51	-18.5	-5.299	-0.865	-0.031	0.2701	0.27	-4.035	-0.0485	0.0031	0.74988
2	8	-0.5103	-1.1443	0.634	0.2449	-4.375	-2.049	0.9601	-0.031	-7.7049	-7.705	-10.59	-0.9485	0.3531	-1.5017
2	18	-2.8853	-2.1443	-0.741	-16.01	-21.67	-7.5907	0.0851	-0.031	-8.2466	-8.247	-1.127	-0.1568	0.0198	1.33214
2	19	-1.1603	-0.6193	-0.541	6.9949	-0.5	-1.649	0.4101	-0.031	-8.2799	-8.28	-1.535	-0.4235	0.2531	0.30478
2	20	-1.5103	-1.3443	-0.166	13.495	19	6.10103	1.7351	-0.031	-8.3299	-8.33	10.265	0.05155	-0.597	4.33478
2	23	-0.8298	-0.7693	-0.0604	0.7657	-3.09	-1.5837	0.2239	0.1566	-1.8369	-1.837	-3.245	-0.1498	0.0753	0.32743
2	24	0.48969	0.35567	0.134	-17.26	-6.25	1.451	-0.165	-0.031	-6.5799	-6.58	9.79	0.30155	0.3531	0.45093
2	25	-1.177	-1.311	0.134	3.1615	14.167	6.3677	0.3351	0.4691	-3.4966	-3.497	6.4983	0.05155	-0.23	1.94918
2	26	-0.3436	-0.6443	0.3007	-6.005	0.8334	2.53435	-0.665	-0.031	19.003	19	-0.002	0.05155	0.2698	-1.64782
2	30	1.65636	1.27234	0.384	-10.59	-12.5	-3.9656	-0.915	-0.031	18.503	18.5	0.665	0.13488	-0.064	0.01318
2	42	-2.0103	-2.1443	0.134	-11.01	-6.667	-0.4657	2.0017	-0.031	-2.9966	-2.997	-4.668	-0.2818	0.2698	0.55468
2	43	1.82302	1.80805	0.015	-15.53	-8.452	-0.2514	1.0017	-0.031	-0.3656	-0.366	4.165	0.20631	0.2221	-1.16297
2	47	0.82303	0.68901	0.134	1.4949	0.8334	-0.2156	1.0851	0.2191	-4.5799	-4.58	-0.502	0.21821	0.1031	-1.0759
2	48	1.63255	1.56996	0.0626	-14.22	-5.714	1.05816	-0.736	-0.031	0.5987	0.599	-5.406	0.40869	0.1031	-1.56647
2	54	2.11469	2.23067	-0.116	-6.005	-1.25	0.82603	-1.165	-0.031	-5.9549	-5.955	1.04	0.30155	0.4781	-1.97595
2	58	0.32303	-0.0332	0.3562	12.884	9.7223	1.75659	-0.276	-0.031	-1.5522	-1.552	3.4983	0.10711	0.0475	0.05891
2	59	0.73969	1.04317	-0.3035	-1.943	2.5	1.88851	-1.04	0.1566	-6.2674	-6.267	1.3525	-0.0735	0.2906	-1.40688

2	61	0.15636	-0.4777	0.634	11.495	14.167	4.03438	0.8351	-0.031	15.337	15.34	8.165	0.21821	-0.064	0.35218
2	68	-0.4389	-0.43	-0.0088	9.7091	10.714	2.8439	0.0493	-0.031	9.0987	9.099	2.9507	-0.377	-0.325	1.02075
2	70	0.06469	0.13067	-0.066	6.9949	3.5	0.22601	0.6101	-0.031	12.395	12.4	0.765	0.32655	0.1781	-0.33462
3	1	0.07184	0.33569	-0.2639	-6.127	-8.365	-3.5532	-0.201	-0.201	-6.8541	.	-0.764	-0.1066	0.1746	0.19044
3	4	-2.6969	-1.5268	-1.1701	-10.78	-12.36	-4.8969	-0.801	0.699	-6.0103	.	-12.5	0.03712	0.4371	-0.40055
3	8	-0.6469	-0.6018	-0.0451	11.092	10.666	2.9781	-3.076	0.174	-9.8853	.	-1.201	-0.3879	-0.138	0.37113
3	18	-3.0219	-1.7685	-1.2534	-12.37	-15.21	-6.3136	-1.576	0.299	-13.385	.	-8.743	-0.2212	0.4871	0.03117
3	19	-3.4011	-2.8476	-0.5534	-4.134	-6.188	-2.3886	0.4239	-0.001	2.3772	.	-4.489	0.17045	0.4746	-0.4799
3	20	-3.4969	-3.6268	0.1299	13.117	12.441	3.3031	4.0989	0.099	-5.1103	.	3.499	-0.0629	-0.263	2.01185
3	23	-0.9108	-0.9699	0.0591	9.6332	4.694	0.17252	-0.507	-0.034	-0.8992	.	-0.527	-0.4087	-0.131	0.80382
3	24	-0.1469	-0.3518	0.2049	-10.91	-0.584	2.97809	-1.326	-0.201	-0.6353	.	3.549	-0.1379	-0.138	0.473
3	25	-2.7302	-3.2268	0.4966	-1.95	8.3746	5.93643	-1.701	0.299	-1.0104	.	1.299	0.07045	-0.263	0.93776
3	26	-0.8969	-0.2268	-0.6701	-8.95	-5.125	-0.5636	-0.368	-0.201	7.1564	.	4.1323	-0.2629	-0.43	0.16025
3	30	1.68642	1.43987	0.2466	-11.45	-9.875	-3.0636	0.8823	0.049	36.74	.	-1.951	0.32045	0.4038	-1.08833
3	42	-0.3969	-0.2268	-0.1701	-11.12	-15.63	-7.0636	6.4657	0.6323	-12.01	.	-1.701	0.40378	-0.263	-0.11592
3	43	4.74596	4.40414	0.3418	-7.843	-4.209	-0.4564	-2.665	-0.201	6.9778	.	3.8942	0.60616	0.4871	-1.23219
3	47	1.43641	1.43986	-0.0034	3.3832	-1.542	-2.2303	0.3823	-0.201	-6.677	.	1.549	-0.0962	-0.096	-0.75992
3	48	2.46025	2.34464	0.1156	-4.212	-2.744	-0.2541	-1.701	-0.201	-2.2961	.	0.1561	-0.1915	-0.191	-0.14518
3	54	5.35308	4.89818	0.4549	-2.784	1.0412	1.7281	-0.826	-0.201	-12.635	.	5.549	0.36212	0.1121	-0.52663
3	58	-0.6191	-0.949	0.3299	5.1054	4.708	1.6031	-0.868	-0.034	-2.177	.	-2.146	-0.2073	-0.096	-0.07914
3	59	1.41559	0.71069	0.7049	1.7165	4.2912	2.1656	-2.951	-0.201	-7.1978	.	6.8615	0.23712	-0.138	0.17806
3	61	-0.7302	-0.2268	-0.5034	0.5499	1.2079	0.7698	-3.534	-0.201	-3.677	.	-4.701	-0.2629	0.2371	-0.63225
3	68	-1.1112	-0.9411	-0.1701	1.9308	3.1841	1.67455	-2.272	0.0847	-2.296	.	2.6561	-0.1915	-0.12	-0.14882
3	70	-0.1719	0.24819	-0.4201	5.7165	3.6912	0.6531	1.5989	-0.051	17.065	.	-1.801	0.01212	-0.113	0.54815

Cuadro A4 aptitud combinatoria general de los híbridos triples de 14 características agronómicas

LOC	LINEA	FM	FF	SF	AP	AM	RMP	AR	AT	MC	PF	PROL	CALP	CALM	REND
1	33	-1.70	-1.64	-0.06	-26.58	-20.78	-4.03	0.71	-1.20	-0.13	-0.74	-7.63	0.06	0.42	-0.03
1	36	1.51	0.91	0.61	21.75	4.22	-2.61	1.63	1.13	-5.50	-0.24	-1.05	0.01	0.21	1.06
1	39	-0.82	-0.93	0.11	-11.58	-4.11	1.39	-1.21	-0.20	14.17	3.09	-3.21	0.01	-0.13	-0.78
1	52	0.18	0.54	-0.36	-1.08	4.62	2.42	-0.64	-0.20	-4.10	-7.74	-2.58	-0.22	-0.06	0.46
1	62	1.18	1.24	-0.06	-2.08	7.55	4.22	-2.54	-0.20	-0.83	-5.74	1.29	0.68	-0.13	-1.66
1	64	0.68	0.24	0.44	14.25	2.55	-2.11	-1.37	-0.70	1.67	21.93	-3.38	0.18	0.21	-2.80
1	77	0.32	0.10	0.23	-10.72	-0.07	2.72	-1.83	-1.20	2.57	-0.38	-5.59	0.11	-0.13	-0.64
1	79	-0.07	-0.18	0.11	1.34	-6.20	-2.70	-0.87	-0.37	-1.17	-1.41	-6.30	0.18	0.12	-2.34
1	80	-0.07	-0.43	0.36	5.50	5.05	0.97	-0.21	1.22	-0.50	6.93	6.45	-0.07	0.21	0.92
2	33	-1.21	-0.73	-0.48	3.23	-3.45	-4.33	-0.49	-0.12	-5.55	-5.55	-4.27	-0.30	0.23	0.31
2	36	-1.25	-1.48	0.23	6.77	-4.70	-2.58	0.59	-0.12	-0.75	-0.75	-5.47	0.08	-0.23	1.53
2	39	-0.91	-0.98	0.07	-14.90	-5.53	-5.41	1.09	-0.12	1.25	1.25	3.69	-0.09	-0.07	1.46
2	52	0.82	1.02	-0.20	-10.90	-5.20	0.22	0.66	0.48	-2.92	-2.92	-4.94	0.18	0.00	-1.68
2	62	1.75	1.52	0.23	-9.07	-3.87	1.42	-1.24	-0.12	10.41	10.41	2.03	0.08	0.60	-2.18
2	64	1.25	0.69	0.57	7.60	10.30	4.25	-0.24	-0.12	5.58	5.58	4.19	-0.09	0.43	-1.05
2	77	0.85	0.88	-0.03	-4.19	-0.41	1.42	0.40	-0.12	0.01	0.01	-4.28	0.15	0.17	-1.25
2	79	-0.41	-0.31	-0.10	2.18	3.22	1.00	-0.74	0.38	3.08	3.08	-1.64	-0.25	0.18	-0.17
2	80	-0.58	-1.15	0.57	-2.40	-1.37	-1.50	0.18	-0.12	1.75	1.75	7.11	-0.25	-0.15	1.34
3	33	-1.17	-1.36	0.19	-10.12	-9.19	-2.85	-3.54	0.20	-4.40	.	-3.17	-0.20	-0.38	-0.02
3	36	-0.92	-1.53	0.61	12.43	9.61	1.95	-3.99	0.32	-2.85	.	0.46	-0.49	-0.21	0.86
3	39	0.91	0.97	-0.06	-15.41	-6.73	0.28	-2.66	-0.18	-1.52	.	-0.04	-0.32	0.12	-0.68
3	52	0.28	0.54	-0.26	1.06	-1.36	-1.02	7.04	-0.18	-3.62	.	0.96	-0.12	-0.18	0.60
3	62	2.25	2.14	0.11	0.43	4.94	3.45	2.17	-0.18	6.48	.	-2.37	1.01	0.29	-1.54
3	64	1.58	2.14	-0.56	-4.74	-3.56	-1.05	-2.99	-0.18	5.31	.	1.46	0.51	0.62	-1.79
3	77	1.37	1.14	0.23	-8.88	-5.85	-1.36	-0.30	0.03	0.48	.	2.25	0.32	0.05	-0.02
3	79	0.58	0.56	0.02	0.51	4.94	3.20	-3.91	-0.18	-1.44	.	-1.96	0.18	0.20	-0.74
3	80	0.00	-0.19	0.19	0.51	-0.06	-0.30	5.51	-0.18	0.31	.	-1.62	-0.24	-0.05	-0.58

