

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN *per se* DE LÍNEAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
TROPICAL DE ENDOSPERMO AMARILLO EN DOS AMBIENTES**

POR

HERIBERTO LOPEZ SIERRA

TÉSIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO

DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2014

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. HERIBERTO LOPEZ SIERRA ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR:

Asesor Principal:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Asesor:


M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

Asesor:


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS UL**


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2014

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. HERIBERTO LOPEZ SIERRA, QUE SE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ EXAMINADOR:

PRESIDENTE:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Vocal:


M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

Vocal:


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

Vocal
Suplente:


ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2014

DEDICATORIA

A mis padres

Eleucadio Inés López Ortiz y Candelaria Sierra Clemente, por darme el apoyo y la confianza para seguir adelante con mi estudio, por los consejos que me dieron para prepararme profesionalmente, gracias a ustedes pude concluir una vez más una etapa de mi vida, muchas gracias.

A mis Hermanos y Hermanas

Odilia, Edgar, Ernesto, Lizbeth, Luz Olivia, por el apoyo y las motivaciones que me daban para seguir adelante para concluir mi estudio de licenciatura, gracias.

A mi novia

Norma Nayeli López España por apoyarme durante estos seis maravillosos años por estar conmigo en los momentos buenos y malos, por darme su apoyo, su cariño, consejos y confianza para concluir mis estudio, muchas gracias.

AGRADECIMIENTO

A dios por darme la vida, la oportunidad que me dio de conocer una familia, a nuevos compañeros y maestros, gracias.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)** por abrirme las puertas de sus instalaciones y el apoyo de la beca, que me ayudo a concluir mi licenciatura además de formarme profesionalmente.

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), por darme la oportunidad de realizar mi práctica profesional y realizar mi tesis en el programa de Maíz en Trópicos Bajos.

Al Dr. Armando Espinoza Banda por haberme ayudado en la elaboración de esta tesis, por los consejos, por darme su amistad, por compartir sus experiencias, gracias por todo su apoyo en este proyecto.

Al Dr. Félix San Vicente, por la oportunidad que me brindo para realizar mi tesis en líneas elites de maíz en CIMMYT y el apoyo durante mis prácticas, por los consejos que me brindo.

A mis asesores de tesis al M.C. José Luis Coyac Rodríguez, Ing. Enrique Leopoldo Hernández Torres y a la Dra. Oralia Altuna Grijalva por los consejos que me dieron para mejorar mi tesis.

Al Ing. Manuel López y Al Ing. Mayolo Leiva, por la confianza, por los consejos, por compartir sus experiencias y la paciencia que me tuvieron durante el desarrollo de mi tesis.

Al equipo de trabajo del Programa de Maíz del CIMMYT en Agua Fría y Tlaltizapán, gracias a todos ustedes por el apoyo que me brindaron en el desarrollo de mi tesis.

Gracias a mis compañeros de la generación 2009-2013 por sus apoyo, por sus amistades que me brindaron.

Gracias por todo “ALMA TERRA MATER”

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CUADROS	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	4
1.1.1. Objetivo general	4
1.1.2. Objetivo específico	4
1.2. Hipótesis.....	4
1.2.1. Hipótesis nula.....	4
1.2.2. Hipótesis alternativa	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Maíz en los trópicos.....	5
2.2. Importancia de las líneas endocriadas	6
2.3. Interacción Genotipo x Ambiente (IGA)	8
2.4. Método de mejoramiento de líneas endogámicas	11
2.5. Mejoramiento de líneas endogámicas	12
2.6. Adaptabilidad.....	15
2.7. Problemas de rendimiento	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Localización del experimento	18
3.2. Descripción de la parcela experimental	19
3.3. Material Genético.....	19
3.4. Manejo agronómico	21
3.4.1. Preparación del terreno	21
3.4.2. Siembra	21
3.4.3. Aclareo de plantas.....	21
3.4.4. Fertilización	21
3.4.5. Riegos	22
3.4.6. Control de maleza	22
3.4.7. Control de plagas	22
3.4.8. Cosecha	22
3.5. Variables agronómicas registradas.....	23

3.5.1. Días a floración femenina (DFF)	23
3.5.2. Días a floración masculina (DFM)	23
3.5.3. Altura de planta (ALPL)	23
3.5.4. Altura de mazorca (ALTMz).....	23
3.5.5. Acame de raíz (ACR)	24
3.5.6. Acame de tallo (ACT)	24
3.5.7. Mala cobertura de mazorca (MACOB)	24
3.5.8. Numero de mazorca por planta (Mz/PI).....	24
3.5.9. Textura de grano (TEX).....	25
3.5.10. Porcentaje de mazorca podrida (%MzP)	25
3.5.11. Aspecto de mazorcas (ASPMz).....	25
3.5.12. Peso de campo (PCAM).....	25
3.5.13. Porcentaje de humedad (%H)	25
3.5.14. Rendimiento (REND).....	26
3.6. Análisis de datos.....	26
3.6.1. Sistema SAS 9.0	26
3.6.2. Coeficiente de correlación	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Localidad de Agua Fría, Puebla.....	27
4.2. Medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Agua Fría, Puebla.....	29
4.3. Localidad de Tlaltizapán, Morelos	33
4.4. Medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Tlaltizapán, Morelos	35
4.5. Análisis combinado.....	38
4.6. Comparación de medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en ambas localidades	42
4.7. Medias de las variables REND, TEX, ASPMz	43
4.8. Medias de las variables DFM, DFF, ALPT, ALTMz	45
4.9. Medias de las variables ACR y ACT	47
4.10. Media de las variables MACOB, Mz/PI, % MzP	48
4.11. Coeficiente de correlación	49
V. CONCLUSION	51
VI. LITERATURA CITADA	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.3. Genealogía de los materiales genético utilizado en Agua Fría, Puebla y Tlaltizapán, Morelos, 2012.....	20
Cuadro 4.1. Cuadros medios de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Agua Fría, Puebla, 2013.....	28
Cuadro 4.2. Medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Agua Fría, Puebla, 2013.....	32
Cuadro 4.3. Cuadros medios de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Tlaltizapán, Morelos, 2013.....	34
Cuadro 4.4. Medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de Maíz Amarillo en Tlaltizapán, Morelos, 2013.....	37
Cuadro 4.5. Cuadros medios de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en análisis combinado de las localidades Agua Fría, Puebla y Tlaltizapán, Morelos, 2013.....	41
Cuadro 4.6. Medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en la localidad Agua Fría, Puebla y Tlaltizapán, Morelos, 2013.....	43
Cuadro 4.7. Medias de tres de las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades, 2013.....	44
Cuadro 4.8. Medias de cuatro de las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades, 2013.....	46
Cuadro 4.9. Medias en dos de las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades, 2013.....	47
Cuadro 4.10. Medias en tres de las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades, 2013.....	48
Cuadro 4.11. Correlación fenotípica de 12 variables cuantificada en 18 líneas de maíz amarillo en dos ambientes, 2013.....	50

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objeto de seleccionar las mejores líneas *per se* con características agronómicas y rendimiento favorable, en dos ambientes en 18 líneas de maíz tropical de endospermo amarillo proveniente del programa de mejoramientos de Trópicos Bajos del CIMMYT. El experimento se realizó en la Estación Experimental Dr. Ernest W. Sprague, Agua Fría, Puebla para tropical y en el ambiente subtropical en la Estación Experimental Tlaltizapán, Morelos. Se utilizó una línea de maíz del CIMMYT “CML 451” como testigo, proveniente del programa de mejoramiento de Trópico Bajo. La siembra se realizó el 19 de diciembre del 2012 para Agua Fría, Puebla y para Tlaltizapán, Morelos se sembró el 20 de diciembre del 2012. El diseño experimental utilizado fue de bloques incompletos con dos repeticiones en un arreglo alfa-latice 3 x 6. La parcela experimental consistió de dos surcos de 4.5 m de largo y 0.75 m entre surcos y una distancia entre planta y planta de 0.20 m. Se tomaron datos de días de floración masculina (DFM), días de floración femenina (DFF), altura de planta (ALPT), altura de mazorca (ALTMz), acame de tallo (ACT), acame de raíz (ACR), mala cobertura (MACOB), textura (TEX), porcentaje de mazorcas podridas (%MzP), número de mazorca por planta (Mz/Pl), aspecto de mazorca (ASPMz) y rendimiento por hectárea (REND). Los resultados fueron para el ambiente tropical el T3 (5.20 ton/ha) fue de mayor rendimiento de grano (REND) y para Tlaltizapán el T11 (3.83ton/ha) subtropical el de mayor rendimiento de grano (REND) y en el análisis combinado se comportaron estadísticamente igual.

Palabras claves: líneas, maíz, *per se*, rendimiento, adaptación.

I. INTRODUCCIÓN

En México existen diversas instituciones que se enfocan al mejoramiento de maíz (*Zea mays* L.), las cuales a través de los años buscan la manera más efectiva de desarrollar germoplasma cada vez más productivo, el cual es el punto medular para satisfacer a las diferentes zonas o regiones que presenten problemas con la producción.

Generalmente la baja productividad del maíz en los trópicos se debe a factores bióticos y abióticos. Pocos productores utilizan híbridos de alto potencial por el costo que implica la semilla y el manejo agronómico que requieren; por ello recurren a materiales criollos de bajo rendimiento por hectárea, que a causa de las limitaciones que presentan durante el desarrollo y el llenado de grano, ocasionan pérdidas en rendimiento (Paliwal *et al.*, 2000).

Los bajos rendimientos que se obtienen presentan desafíos que comprometen a la población humana y a las nuevas generaciones de investigadores nacionales e internacionales para la obtención de nuevo germoplasma de alto rendimiento y tolerante a diferentes estreses bióticos y abióticos. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), en colaboración con instituciones nacionales de investigación agrícola, organismos del sector de semillas y empresas privadas, etc. conjuntamente realizan investigaciones para ayudar a los agricultores, ofreciéndoles capacitaciones relacionadas con las nuevas técnicas de manejo agronómico e información que puedan utilizar para explotar el potencial de las semillas mejoradas y poder elevar el rendimiento.

El CIMMYT participa explorando nuevas oportunidades en el campo agrícola, teniendo como objetivo incrementar la producción por hectárea; adaptando prácticas agronómicas que ayuden a la conservación del suelo y fortalecer el campo agrícola, promoviendo nuevos germoplasmas de alto rendimiento.

El programa de maíz para “trópicos bajos” de CIMMYT, utiliza germoplasma con buenas características agronómicas y adaptabilidad en condiciones específicas y ambientes marginales que son de mayor importancia, retos que enfrentan los agricultores y mejoradores cada día.

Actualmente se emplean diferentes métodos para generar líneas con las características deseables que permiten una buena evaluación para seleccionar las mejores.

La selección por pedigree es el método de mejoramiento más usado para el desarrollo de líneas endocriadas (Bauman, 1981; Hallauer, Russell y Lamkey, 1988; Hallauer, 1990); consiste esencialmente de la autofecundación de plantas individuales seleccionadas durante varias generaciones. Es un proceso fácil de realizar; sin embargo cuando su número es grande, su evaluación es un problema crítico (Vergara *et al.*, 2005).

El desarrollo instantáneo de líneas completamente homocigotas por medio del método de duplicación de haploides (DH), (Chase, 1952), La cual acorta el ciclo de mejoramiento de manera considerable por que hace posible un rápido desarrollo de líneas totalmente homocigotas en 2 o 3 generaciones.

La retrocruza es usada para el desarrollo de líneas como una modificación o en combinación con el método de pedigree. Las versiones modificadas de varias clases de líneas puras han sido desarrolladas por medio de retrocruzas y seleccionando el material endocriado original que lleva un gen, carácter o reorganización cromosómica específicos (Lee, 1994).

La obtención de las líneas puras depende de la habilidad del mejorador en la evaluación y selección de la población y las cuales deben tener la capacidad de tolerar el estrés a la endocría y producir alta frecuencia de líneas puras superiores y de alto rendimiento con caracteres agronómicos deseables. Por consiguiente, el programa recurre a diferentes estrategias tendientes a obtener excelentes resultados que permitan liberar nuevos materiales, que en lo futuro serán parte de la formación de nuevos híbridos simples, triples, dobles y sintéticos que se puedan establecer en diferentes regiones donde la producción por hectárea es muy baja.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el rendimiento y adaptación de las líneas *per se* de germoplasma tropical y de endospermo amarillo en dos ambientes.

1.1.2. Objetivo específico

Seleccionar las mejores líneas *per se* de germoplasma tropical de endospermo amarillo, con características agronómicas y rendimiento favorable, en dos ambientes.

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis nula

Las líneas evaluadas *per se* en dos ambientes, se comportaran de la misma manera para ambos ambientes.

1.2.2. Hipótesis alternativa

Por lo menos una de las líneas evaluada *per se*, se comportará diferente en ambos ambientes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Maíz en los trópicos

Las poblaciones tropicales están usualmente compuestas de gran variabilidad en contraste con las sintéticas de las zonas templadas. Kato *et al.* (2009) señalan que las altitudes, la precipitación pluvial, el clima y el suelo varían en cada región. Por otra parte (Aragón *et al.*, 2006) afirmaron que las condiciones de suelo, la cantidad y distribución de la lluvia son fundamentales para la producción.

En el ambiente tropical los genotipos de maíz se clasifican en:

- a) Tropicales de tierras bajas.
- b) Sub-tropicales de tierras bajas y de media altitud.
- c) Tropicales de tierras altas.

Así mismo CIMMYT ha incluido algunas características adicionales que influyen sobre la adaptación y la aceptación de los genotipos de maíz en un ambiente específico. Estas son:

- a) La clase de madurez: tardía, intermedia, temprana y extra temprana, dependiendo del periodo de crecimiento y de la disponibilidad de humedad
- b) El tipo de grano preferido por los agricultores y los consumidores (duro, dentado o harinoso)

c) El color del grano blanco o amarillo (Granados, 2010).

El aumento de la productividad del maíz, su producción y utilización en los trópicos no son una elección sino una necesidad. Los cultivares de zonas tropicales altas parecen tener una óptimas temperaturas para el desarrollo que cultivares adaptados a zonas tropicales bajas. El rendimiento es seriamente afectado por la cantidad de radiación que el cultivo acumula por unidad de tiempo térmico. El maíz tropical por lo general rinde menos que su homólogo de la zona templada porque las temperaturas en los trópicos son más altas y completa su ciclo vital en menos tiempo (Paliwal *et al.*, 2001).

Las regiones tropicales son comúnmente afectadas por variaciones climáticas marcadas (abióticos), caracterizadas por períodos frecuentes de sequía o de lluvias distribuidas irregularmente, ocasionando pérdidas considerables en las cosechas (San-Vicente *et al.*, 1999).

2.2. Importancia de las líneas endocriadas

La evaluación y selección de líneas, es la etapa de mayor relevancia en el proceso de mejoramiento, ya que además de identificar las mejores permite encontrar la mejor combinación híbrida para explotar la heterosis. Es muy importante que las líneas e híbridos se evalúen en diferentes localidades donde las condiciones son contrastante para poder seleccionar los genotipos con mayor estabilidad (Coutiño y Vidal, 2003).

Ortiz *et al.* (2007) Indicaron que los efectos recíprocos del vigor inicial se relacionaron con los efectos recíprocos del porcentaje de emergencia, índice de vigor, altura de plántula, hojas de bajo de la mazorca y número total de hojas, mismo autor sugieren que las líneas endogámicas con buen vigor inicial de plántula tienen potencial para usarlos como progenitores femeninos en la producción de semilla con el fin de generar semilla vigorosa.

De León *et al.* (2006) señalan que las líneas autofecundadas de diferente origen permiten explotar la gran diversidad genética presente en la líneas de maíz; con un manejo adecuado se puede incrementar la respuesta heterótica entre ellas. Guerrero *et al.* (2012) enfatizaron en la necesidad de obtener nuevas alternativas en la producción de maíz forrajero para obtener genotipos de alto rendimiento de forraje, y de esta forma aumentar la productividad y calidad del forraje.

La elección correcta de la fuente de germoplasma significa el 50% del éxito en un programa moderno de mejoramiento genético, dependiendo el otro 50% del desarrollo eficiente de líneas para la formación de híbridos y sintéticos (Córdova *et al.*, 2002).

En los programas se desarrollan líneas endogámicas y se requiere que éstas sean altamente homogéneas, homocigotas y reproducibles para que tengan utilidad en la formación de nuevos híbridos. Los criterios de selección más importantes usados para mejorar y seleccionar las líneas se realiza con base en la diversidad de caracteres, que van a impactar en el comportamiento

del híbrido, además de aquellas características que hacen aceptable a las líneas como progenitores. Tales características incluyen: potencial de rendimiento en combinación híbrida, floración masculina y femenina, madurez, resistencia a acame de raíz y tallo, calidad de grano, resistencia a plagas y enfermedades, altura de planta y altura de mazorca, entre otras (Bejarano *et al.*, 2000).

2.3. Interacción Genotipo x Ambiente (IGA)

La Interacción Genotipo x Ambiente es el comportamiento relativo diferencial que ocurre cuando hay respuestas diferentes de los genotipos en relación con la variación del ambiente; esta interacción merece gran importancia en la evaluación de híbridos desarrollados para diferentes circunstancias de producción, es necesario tener conocimiento de adaptabilidad y estabilidad para comprender los comportamiento de genotipos evaluados a través de ambientes contrastantes (Gordon *et al.*, 2006).

La baja productividad del maíz se debe a las fechas de siembra y a las condiciones que se presentan durante el desarrollo. Para aumentar la productividad es necesario desarrollar variedades estables con rendimiento alto, para ello se requieren genotipos que mantengan un comportamiento estable en diferentes localidades y años, además de un rendimiento alto (Arellano *et al.*, 2011).

Se recomienda conocer el comportamiento genético de las características de importancia económica de cada población, para elegir la estrategia de mejoramiento que permita obtener híbridos con mayores ventajas agronómicas, así como la utilización de las diversas metodologías aplicadas a evaluaciones de la interacción genotipo x ambiente, de manera que se determinen los genotipos más estables y los ambientes más discriminantes (Gordon *et al.*, 2010).

La interacción Genotipo x Ambiente (IGA) ocurre cuando hay respuestas diferentes de los genotipos en relación con la variación del ambiente, por lo tanto es necesaria la evaluación en distintos ambientes, principalmente en ambientes contrastantes, la cual es una de las prácticas más usuales para la recomendación de nuevos materiales a los productores de una región o zona específica (Gordon *et al.*, 2006).

Uno de los principales factores que influyen en el tamaño de grano es la temperatura, por lo consiguiente los resultados obtenidos muestran que las condiciones de siembra del suelo y las de ambientales influyeron ampliamente sobre el rendimiento y las características físicas de los híbridos, especialmente sobre el tamaño del grano y la dureza (Vázquez *et al.*, 2012).

Avila *et al.* (2005) señalaron que una alta significancia en las localidades se atribuye a las condiciones climáticas, por consiguiente la interacción genotipo x localidades indica que los genotipos muestran una respuesta diferente en algunas localidades. Así mismo observaron importantes combinaciones

heteróticas de cruzas de las líneas, lo que considera en la obtención de nuevos híbridos en un tiempo corto.

Durante el proceso de la selección, es importante considerar, no solo los efectos lineales de genotipo x ambiente, sino también la interacción genotipo x ambiente, ya que a través de ella se detecta la eficiencia de la selección en función de la adaptación genotípica a través de ambientes, lo cual evita la necesidad de desarrollar programas de mejoramiento específicos para cada ambiente en particular (Wong *et al.*, 2006).

Espinoza *et al.* (2002) explicaron que la variabilidad ambiental acentuada por diferentes factores bióticos y abióticos (clima, humedad, tipo de suelo, vientos, manejo agronómico del cultivo) es la razón principal para utilizar metodologías de evaluación que permitan determinar el grado de la interacción genotipo ambiente y conocer la respuesta diferencial de los cultivares a través de los ambientes de prueba.

La selección es particularmente difícil cuando las interacciones genotipo x ambiente son de gran dimensión porque el rendimiento relativo de los genotipos difiere de un ambiente a otro, por lo tanto es necesario realizar pruebas de genotipos en varios ambientes para obtener estimaciones de su rendimiento en toda la región de interés (Coutiño y Vidal, 2003).

2.4. Método de mejoramiento de líneas endogámicas

La selección por pedigree es el método de mejoramiento más usado para el desarrollo de líneas endocriadas (Bauman, 1981; Hallauer, Russell y Lamkey, 1988; Hallauer, 1990); consiste esencialmente de la autofecundación de plantas individuales seleccionadas durante varias generaciones. Es un proceso fácil de realizar; sin embargo cuando su número es grande, su evaluación es un problema crítico (Avila *et al.*, 2005).

El desarrollo instantáneo de líneas completamente homocigotas por medio del método de duplicación de haploides (DH), (Chase, 1952). La cual acorta el ciclo de mejoramiento de manera considerable por que hace posible un rápido desarrollo de líneas totalmente homocigotas en 2 o 3 generaciones.

La retrocruza es usada para el desarrollo de líneas como una modificación o en combinación con el método de pedigree. Las versiones modificadas de varias clases de líneas puras han sido desarrolladas por medio de retrocruzas y seleccionando el material endocriado original que lleva un gen, carácter o reorganización cromosómica específicos (Lee, 1994).

2.5. Mejoramiento de líneas endogámicas

El conocimiento de la diversidad genética y el grado de relación entre los materiales es indispensable para el desarrollo de nuevas líneas endogámicas, la asignación de líneas a grupos heteróticos y la realización de ensayos de prueba para las combinaciones híbridas, por lo que se debe de considerar que los altos rendimientos de los híbridos simples no son indicativos directos de la respuesta heterótica pero sí de que las líneas progenitoras de estos híbridos tienen alto rendimiento (González y Hernández, 2009).

Sámano *et al.* (2009) la evaluación y selección de líneas es la etapa de mayor relevancia en el proceso de mejoramiento, ya que además de identificar las mejores líneas permite encontrar la mejor combinación híbrida para explotar la heterosis. Por otra parte Coutiño y Vidal (2003) indicaron que es importante que las líneas e híbridos se evalúen en diferentes localidades para seleccionar los genotipos con mayor estabilidad.

Un programa de mejoramiento para tener éxito debe incluir fundamentalmente dos componentes:

- 1) Elección de germoplasma adecuado
- 2) Desarrollo de líneas para su uso en híbridos

Fan *et al.* (2003) indicaron que los programas de mejoramiento genético dedicados a la formación de híbridos y variedades comerciales de maíz requieren generar nuevas líneas con alto potencial de rendimiento, buen comportamiento agronómico y excelente aptitud combinatoria. Wong *et al.* (2006) considera para que un programa genético tenga éxito en el desarrollo de híbridos también dependerá de la elección del germoplasma base a considerarse dentro del programa de mejoramiento.

Generalmente el desarrollo de líneas de maíz por medio de la autofecundación es un proceso fácil de realizar; sin embargo cuando su número es grande, su evaluación es un problema crítico, la identificación de líneas por su aptitud combinatoria general o específica es una parte muy importante en un programa de desarrollo de híbridos (Avila *et al.*, 2005).

San-Vicente *et al.* (1999) obtuvieron indicaciones que existen líneas tropicales precoces con buen comportamiento tanto en condiciones de sequía como en condiciones normales, por tal motivo las líneas podrían utilizarse como germoplasma base para desarrollar nuevas fuentes de germoplasma, líneas, y/o híbridos con tolerancia a la sequía y comportamiento aceptable en condiciones normales.

El mejoramiento para resistencia a factores bióticos y abióticos adversos ha dado como resultado el desarrollo de híbridos más estables, adaptados a la mayoría de condiciones de producción (Salazar, 2006).

El desarrollo y mejoramiento de líneas de maíz es un proceso sistemático en el cual se involucran diferentes y nuevas metodologías de selección, mediante las cuales se descartan algunas en las primeras etapas de selección con base en su apariencia fenotípica, y más tarde por su aptitud combinatoria, como resultado de las pruebas tempranas. La identificación de pares de líneas con comportamiento superior en rendimiento en combinaciones híbridas generalmente es una situación común en un programa de hibridación, donde se debe tener disponible una serie de líneas (Avila *et al.*, 2003).

Los requisitos más importantes para una población como fuente deseable para extraer líneas son: un alto comportamiento promedio y varianza genética adecuada, de tal manera que las líneas que se recobren sean superiores a las poblaciones existentes (Lamkey *et al.*, 1993).

La evaluación genética en diversas condiciones ambientales, determinada a través del valor genético de los individuos o grupos de genotipos, es fundamental para el éxito de las nuevas siembras con la especie a través de la metodología de modelos lineales mixtos, desarrollada por Henderson en los años 1949 a 1995 (Mora y Scapim, 2007).

Hallauer (1990), estimó que aproximadamente solo el 0.10 por ciento de las líneas desarrolladas son utilizadas en la producción comercial de híbridos.

2.6. Adaptabilidad

Una población genotípicamente heterogénea será adaptable a diferentes ambientes al estar sujeta a diferentes presiones de selección, manifestando su adaptación específica a un ambiente de acuerdo a la presión de selección de éste; mediante su respuesta cambiante a los diferentes ambientes, se medirá la adaptabilidad (Gordon *et al.*, 2006).

La flexibilidad de los genotipos es importante, ya que permite conocer la respuesta a los diferentes ambientes, su comportamiento *per se*, adaptación y producción de semilla definidos por: clima, suelo y manejo agronómico (Caballero, 2008).

Gordon *et al.* (2006) definen a la adaptabilidad, como la capacidad de los genotipos de aprovechar ventajosamente los estímulos del ambiente, en cuanto que la estabilidad se refiere a la capacidad de los genotipos de mostrar un comportamiento altamente previsible en función del estímulo ambiental.

La estabilidad del rendimiento se logra a través de la selección en contra de factores bióticos y abióticos, para desarrollar progenitores resistentes a enfermedades e insectos, tolerantes a sequía y más eficientes en la utilización de nitrógeno (Córdova *et al.*, 2002).

Cuando la estabilidad es demostrada para un amplio rango de ambientes; se dice que el genotipo tiene una adaptación amplia y por el contrario, si la estabilidad se manifiesta frente a un limitado rango de ambientes, se dice que el genotipo tiene adaptación específica (Salazar, 2006).

La adaptación al cambio climático, principalmente al déficit o exceso de agua, así como a condiciones edáficas adversas como acidez y baja fertilidad, ha sido objetivo del mejoramiento genético del maíz (Ricciulli y Acosta, 2012).

El rendimiento y adaptabilidad se podría lograr fácilmente si se identifican genotipos estables en generaciones tempranas; en todo programa de mejoramiento genético, la elección de germoplasma es una de las decisiones más importantes que se debe de tomar en cuenta, para obtener las mejores líneas y tener buenos resultados en cruzas de líneas elites (González *et al.*, 1997).

2.7. Problemas de rendimiento

Díaz *et al.* (2009) obtuvieron como resultado que la variación en las condiciones ambientales en la época de siembra ocasiona una modificación en el momento de ocurrencia y duración de las etapas fenológicas en maíz.

Avila *et al.* (2003) indican que los mejoradores encuentran dificultades en la extracción de líneas superiores, hecho que puede ser atribuido a las fuentes de germoplasma.

Se han identificados muchos factores limitantes en la producción de maíz que se deben de mejorar, debido a sus propiedades de baja heredabilidad y alta interacción con el ambiente, y que desarrollados bajo presión de factores adversos puede contribuir a la estabilidad de los genotipos a la mayoría de ambientes de recomendación. Es ampliamente conocido que los progenitores de cualquier híbrido deben de ser líneas vigorosas de buen rendimiento y características agronómicas favorables y los aspectos fisiológicos correlacionados con el rendimiento y que la incorporación de índices de selección más eficientes en las metodologías de mejoramiento para ambientes adversos, han mejorado las técnicas de selección (Córdova *et al.*, 2002).

El mejorador requiere de un conocimiento amplio del tipo de acción génica condicionante de los caracteres de mayor importancia económica tales como el alto potencial de rendimiento y una buena aptitud combinatoria para producir buenas cruzas, entre otras (Espinoza y Palomo, 2011).

Urbina (1991), señala que los factores bióticos y abióticos que influyen en el rendimiento son incontrolables, por ello es importante realizar evaluaciones en diferentes ambientes contrastantes, para valorar la flexibilidad de las líneas y su comportamiento en la interacciones genotipos x ambientes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

Los ensayos de evaluación se establecieron en dos ambientes: tropical y subtropical. El ambiente tropical se desarrolló en La Estación Experimental Dr. Ernest W. Sprague, mejor conocida como Agua Fría, ubicada en la localidad de Tumbadero Escobal, en el municipio de Venustiano Carranza, Puebla, localizada geográficamente en los paralelos 20° 24' y 20° 36' de latitud Norte; los meridianos 97° 32' y 97° 50' de longitud Oeste; altitud de 80 msnm, el clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. La temperatura de 22-26°C, con una precipitación pluvial de 1400-1600 milímetros anuales. En el ambiente subtropical se desarrolló en la Estación Experimental Tlaltizapán, ubicada en el municipio de Tlaltizapán, Morelos, localizada geográficamente en los paralelos 18° 35' y 18° 50' de latitud Norte; los meridianos 99° 00' y 99° 12' de longitud Oeste; altitud de 950 msnm y un clima húmedo caluroso con invierno poco definido. La temperatura anual es de 22 -24°C, con una precipitación pluvial de 800-1000 milímetros anuales.

3.2. Descripción de la parcela experimental

El diseño experimental utilizado fue Alfa-lattice 3 x 6 con dos repeticiones. La parcela experimental fue de dos surcos con una separación de 0.75 m de ancho y de 4.5 m de largo; depositando dos semillas por golpe a una distancia de 0.20 m entre golpe y golpe, permitiendo obtener un total de 48 plantas por parcela experimental para ambos ambientes.

3.3. Material Genético

Se utilizaron 18 líneas elites de maíz tropical amarillo y una línea de maíz del CIMMYT "CML451" como testigo, proveniente del programa de mejoramiento de Trópico Bajo, ambos materiales genético provienen del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Genealogía de los materiales genético utilizado en Agua Fría, Puebla, y Tlaltizapán, Morelos, 2012.

Trat	Genealogía	ORIGEN
1	CL02450	AF11B-5481-24
2	CLRCY015	AF12B-5451-8
3	CLRCY041	AF11A-481-11
4	CLYN209	AF12B-5451-9
5	CLYN269	AF12B-5451-1
6	CLYN274	AF12B-5451-3
7	CLYN331	AF12B-5451-5
8	CLYN350	AF12B-5451-6
9	CLYN352	AF12B-5451-7
10	CLYN413	AF10B-5452-46
11	CL02720	AF12A-481-83
12	CL02725	AF12B-5451-16
13	CLRCY039	AF12B-5451-13
14	CLRCY044	AF12B-5451-11
15	CLYN205	AF11A-481-18
16	CLYN213	AF10B-5453-27
17	CLYN214	AF12B-5451-15
18	CML451	CIMMYT

Trat= Tratamiento, Genealogía, Origen= Lugar de origen

3.4. Manejo agronómico

3.4.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en un barbecho, rastra, nivelación

3.4.2. Siembra

Se realizó manualmente para los dos ambientes, el 19 de diciembre del 2012 se sembró en Agua Fría, Puebla y para Tlaltizapán, Morelos se sembró el 20 de diciembre del 2012.

3.4.3. Aclareo de plantas

Se realizó manualmente dejando una planta por golpe a una distancia de 20 centímetros entre planta.

3.4.4. Fertilización

La fórmula de fertilización aplicada fue (150-81-30), al momento de la preparación del suelo se aplicó (81.0P, 30.0K), 10 días después de la emergencia se aplicó el 50 % de Nitrógeno y el resto del Nitrógeno se aplicó 35 días después de la emergencia.

3.4.5. Riegos

En total fueron 12 riegos que se aplicaron con diferentes láminas de riego, que estuvieron sujetas a la humedad disponible en cada condición de evaluación, durante el ciclo.

3.4.6. Control de maleza

Para el control de maleza se utilizó herbicida pre-emergente PRIMAGRAM® GOLD 660 SC, *i.a.* (Atrazina: 6-Cloro-N2-etil-N4-isopropil-1, 3,5-triazina-2,4-diamina) la dosis de aplicación fue de 200 ml de PRIMAGRAM® en 15 litros de agua.

3.4.7. Control de plagas

Para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se utilizó LORSBAN 3G, *i.a.* (Clorpirifos etil: O, O-dietil O-(3, 5,6-tricloro 2-pirindil) fosforotioato).

3.4.8. Cosecha

Se cosecho manualmente y por entrada para los dos ambientes, para Agua Fría, Puebla se realizó en 09 de mayo del 2013 y para Tlaltzapán, Morelos el 27 de mayo del 2013.

3.5. Variables agronómicas registradas

3.5.1. Días a floración femenina (DFF)

Número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando el cincuenta por ciento de las plantas de la parcela tienen estigmas de 2-3 cm de largos.

3.5.2. Días a floración masculina (DFM)

Número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando el cincuenta por ciento de las plantas de la parcela se encontraban liberando polen.

3.5.3. Altura de planta (ALPL)

Es la distancia en centímetros entre la base de la planta y hasta el nudo donde inicia la panoja o espiga.

3.5.4. Altura de mazorca (ALTMz)

Es la distancia en centímetros desde la base de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca.

3.5.5. Acame de raíz (ACR)

Número de plantas acamadas por parcela, considerando aquellas que presentaban una inclinación mayor de 30 grados o más con respecto a la vertical de la base de la planta. Los datos de campo fueron transformados ($y = \sqrt{x+0.5}$) para su análisis.

3.5.6. Acame de tallo (ACT)

Es el número de plantas expresado en por ciento, que presentaron el tallo roto por debajo de la mazorca principal, pero no más arriba. Los datos de campo fueron transformados ($y = \sqrt{x+0.5}$) para su análisis.

3.5.7. Mala cobertura de mazorca (MACOB)

Se calificó en número de mazorca que presentaba mala cobertura. Los datos de campo fueron transformados ($y = \sqrt{x+0.5}$) para su análisis.

3.5.8. Numero de mazorca por planta (Mz/PI)

Se obtuvo dividiendo en número total de mazorca cosechada entre número total de planta cosechada.

3.5.9. Textura de grano (TEX)

Se calificó de una escala del 1 al 4 donde 1= Cristalino, 2= Semicristalino, 3= Semidentato, 4 = Dentado, la textura se registró en número.

3.5.10. Porcentaje de mazorca podrida (%MzP)

Se obtuvo número de mazorca podridas entre número de mazorca cosechadas multiplicado por cien.

3.5.11. Aspecto de mazorcas (ASPMz)

Se toma en cuenta los daños causados por insectos, pudriciones, tamaño de la mazorca, llenado de grano y uniformidad de la mazorca, en una escala de 1 a 5, donde 1 es excelente y 5 es deficiente.

3.5.12. Peso de campo (PCAM)

Es el peso total de mazorcas cosechadas por parcela útil, expresado en kilogramos.

3.5.13. Porcentaje de humedad (%H)

Para obtener la humedad se utilizó Grain Moisture Meter (medidor de humedad de grano) Modelo GMK-303A, que solamente requiere 3 granos para determinar la humedad.

3.5.14. Rendimiento (REND)

Es la producción estimada por parcela experimental reportada en tonelada por hectárea.

3.6. Análisis de datos

3.6.1. Sistema SAS 9.0

Con el programa de SAS 9.0 se realizaron el análisis de varianza por localidad y análisis combinado, además de obtener la comparación de medias por el método de Tukey al 0.05 de probabilidad y comparación de localidades.

3.6.2. Coeficiente de correlación

Para la correlación simple se utilizó la siguiente formula:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

Se recurrió a las tablas estadísticas de Pearson para definir la significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Localidad de Agua Fría, Puebla

En el Cuadro 4.1, se presentan las significancia de cuadros medios de las 12 variables evaluadas en las 18 líneas de maíz amarillo en Agua Fría, Pué, donde se observan que las líneas fueron significativamente diferentes para las variables REND, DFM, ALTMz y altamente significativamente para las variables DFF, ALPT, TEX, y no significativa para el resto de las variables.

Respecto a los coeficientes de variación (CV) para las variables evaluadas ACRt, ACTt, MACBt, aun y cuando los valores fueron transformados ($y = \sqrt{x+0.5}$), obtuvieron los porcentajes más altos. El resto de las variables los porcentajes están dentro de los rangos aceptados (Falconer, 1978).

Los valores medios para DFF y DFM indican que los genotipos, en promedio se comportaron como de ciclo intermedio-tardío con 86.33 y 86.61 días, la ALPt y ALTMz fueron de porte bajo con 159.03 y 71.19 cm respectivamente; en promedio tolerante al ACRt (0.97) y ACTt (1.21), con buena cobertura de mazorca (MACBt 1.16), el tipo de grano que predominó fue semicristalino con una media de 2.0 (TEX), con al menos 1.03 mazorcas por planta (Mz/Pl) y un bajo porcentaje de mazorca podridas de 0.09 (%MzP); además, presentaron buen aspecto de mazorca (ASPMz=2.49), finalmente, el

rendimiento de grano (REND) en promedio fue de 2.71 ton/ha el cual se considera bajo de acuerdo a las expectativas de CIMMYT.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Agua Fría, Puebla, 2013.

F.V	Rep	Blo x Rep	Trat	Error	CV %	Media
G.L	1	10	17	7		
REND	0.89	0.21	1.06 *	0.185	15.88	2.71
DFM	5.44	2.01	5.68 *	1.350	1.35	86.33
DFF	1.78	1.81	11.36 **	0.594	0.89	86.61
ALPT	200.69 *	62.97	242.23 **	26.017	3.21	159.03
ALTMz	78.03	52.70	225.78 *	64.922	11.32	71.19
ACRt	0.085	0.19	0.22	0.162	41.52	0.97
ACTt	0.05	0.09	0.84	0.309	45.85	1.21
MACBt	0.07	0.20	0.57	0.228	41.11	1.16
TEX	0.11	0.14	1.50 **	0.070	13.27	2.00
Mz/PI	0.01	0.01 *	0.02**	0.003	4.94	1.03
% MzP	0.00	0.004	0.01	0.002	50.88	0.09
ASPMz	0.06	0.08	0.41	0.114	13.57	2.49

*, **, ns= significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns= no significativo.
 †REND= Rendimiento ton/ha, DFM= Días a floración masculina, DFF= Días de floración femenina, ALPT= Altura de planta, ALTMz= Altura de mazorca, ACRt= Acame de raíz transformado ($y = \sqrt{x+0.5}$), ACTt= Acame de tallo transformado ($y = \sqrt{x+0.5}$), MACBt= Mala cobertura transformado ($y = \sqrt{x+0.5}$), TEX= Textura de grano, Mz/PI= Numero de mazorca por planta, %MzP= Porcentaje de mazorca podridas, ASPMz= Aspecto de mazorca.

4.2. Medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Agua Fría, Puebla

En el Cuadro 4.2 se representan las medias ordenadas respecto a REND, evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Agua Fría, Puebla. Se observa que el T11 con 3.83 ton/ha fue estadísticamente igual a 15 tratamientos más y diferente a los tratamientos T13 y T15. La igualdad que se manifiesta en REND entre los tratamientos (Líneas) quizás se deba a que la mayoría de éstas fueron derivadas y seleccionadas bajo este ambiente. Sin embargo, algunos tratamientos (Líneas) se pueden diferenciar en función de sus diferencias agromorfológicas.

Por ejemplo, el T18 con 3.76 ton/ha, fue más precoz que el resto para DFM (83 días), de porte bajo con ALPT y ALTMz con 137.5 y 55.0 cm respectivamente; tolerante al ACR (0.0), ACT (0.0) y MACOB (0.0); con tipo de grano cristalino (1.0), con al menos 1.0 Mz/PI y un bajo porcentaje de mazorca podridas (%MzP 0.04) y buen aspecto de mazorca (ASPMz 2.3).

Otro tratamiento sobresaliente es el T14 de porte bajo con 150 y 62.5 cm de ALTP y ALTMz respectivamente, tolerante al ACR y ACT, con buena cobertura de mazorca (MACOB 1.0), con al menos 1.07 Mz/PI, grano semidentado y buen aspecto de mazorca (1.8), además un bajo porcentaje de mazorca podridas (0.13) y con un rendimiento de grano (REND) promedio de 3.46 ton/ha.

Sobresale también el T1 el cual fue resistente tanto al acame de raíz (ACR) y tallo (ACT), además con buena cobertura (MACOB), de porte bajo con ALPT y ALTMz de 155 y 82.5 cm respectivamente; con al menos 0.99 Mz/PI, con un aspecto de mazorca (ASPMz) de 2.8 y un porcentaje bajo de mazorca podridas (%MzP 0.14). A diferencia de los T18 y T4 se comporta de ciclo intermedio tardío para DFF y DFM, con un tipo de grano dentado (4.0).

Otra línea con características interesantes es el T8 con 2.19 ton/ha, el cuales de ciclo precoz con DFF (84) y DFM (83), tolerante para ACR, ACT y MACOB, con porte bajo para ALPT y ALTMz 150 y 67.5 cm respectivamente, con al menos 0.97 Mz/PI, con un aspecto de mazorca (ASPMz 2.5) y un porcentaje de bajo de mazorca podridas (%MzP 0.04), con tipo de grano cristalino (1.0).

El T6, fue tolerante para ACR, ACT y MACOB, con porte medio para ALPT (175 cm) y ALTMz (92.5 cm), con al menos 0.88 Mz/PI, con buen aspecto de mazorca (ASPMz 2.8) y un bajo porcentaje de mazorca podridas (%MzP=0.10), con textura (TEX) de grano semidentado (2.5), fue de ciclo intermedio-tardío para DFM (88.5) y DFF (88.0), sin embargo el rendimiento de grano (REND) fue bajo con 1.83 ton/ha.

El T11 con el mayor rendimiento de grano (3.83 ton/ha) atribuido quizás a su mayor promedio de mazorca por planta (Mz/PI) 1.44, fue de porte medio para ALPT y ALTMz 177 y 87.5 cm respectivamente, con buena cobertura (MACOB 0.5), con tipo de grano cristalino (1.0), con buen aspecto de mazorca (ASPMz 2.5), y un bajo porcentaje de mazorca podridas (%MzP 0.10), de ciclo intermedio-tardío para DFF (86.5) y DFM (86.5 días); sin embargo presento altos valores para ambos tipos de acame de raíz (ACR=2.5) y de tallo (ACT=2.5), lo cual demerita su potencial.

Cuadro 4.2. Medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Agua Fría, Puebla, 2013.

Tratamientos (T)	REND	DFM	DFE	ALPT	ALTMz	ACR	ACT	MACOB	Mz/PI	TEX	ASPMz	% MzP
11	3.83	86.5	86.5	177.5	87.5	2.5	2.5	0.5	1.44	1.0	2.5	0.10
18	3.76	83.0	85.5	137.5	55.0	0.0	0.0	0.0	1.00	2.0	2.3	0.04
10	3.73	83.0	84.5	172.5	66.5	3.5	0.0	0.0	0.98	3.0	1.5	0.05
14	3.46	87.5	86.5	150.0	62.5	0.0	0.5	1.0	1.07	3.0	1.8	0.13
3	3.40	86.5	88.0	177.5	95.0	1.0	0.0	6.5	1.22	1.5	2.3	0.17
12	3.17	88.0	88.0	162.5	87.5	0.5	1.5	2.0	1.09	1.0	2.0	0.09
5	3.01	84.0	83.0	162.5	65.0	0.0	11.0	1.0	1.05	2.0	2.3	0.02
2	2.95	87.0	86.5	162.5	67.5	0.5	1.0	0.0	1.08	1.0	2.3	0.09
17	2.93	85.5	86.0	157.5	57.5	0.0	0.0	4.0	1.12	1.0	2.0	0.07
7	2.59	86.0	87.0	185.0	90.0	0.0	1.5	0.0	0.99	3.0	3.0	0.15
1	2.49	90.0	90.5	155.0	82.5	0.0	0.0	0.0	0.99	4.0	2.8	0.14
9	2.27	85.5	85.5	170.0	65.0	0.0	1.0	1.5	0.92	3.5	2.8	0.09
8	2.19	84.0	83.0	150.0	67.5	0.5	0.0	0.0	0.97	1.0	2.5	0.04
16	2.09	84.0	83.5	140.0	52.5	0.0	0.0	1.0	1.00	2.5	3.0	0.21
4	1.87	87.0	85.0	152.5	75.0	0.5	9.5	3.5	1.06	2.0	3.0	0.08
6	1.83	88.5	88.0	175.0	92.5	0.5	0.0	0.0	0.88	2.5	2.8	0.10
13	1.72	89.0	94.0	135.0	52.5	0.5	0.5	1.5	0.81	1.0	3.3	0.10
15	1.55	89.0	88.0	140.0	60.0	1.5	0.5	0.0	0.98	1.0	3.0	0.08
MG	2.7	86.33	86.11	159.03	71.19	0.64	1.64	1.25	1.03	2.00	2.49	0.09
DMS	2.1	5.77	3.8	25.3	39.99	5.59	12.96	7.45	0.25	1.32	1.68	0.24

DMS= Diferencia Mínima Significativa al 0.05 de probabilidad **MG=** Media general de las variables por tratamiento

4.3. Localidad de Tlaltizapán, Morelos

En el Cuadro 4.3, se presentan la significancia de cuadros medios de las 12 variables evaluadas en las 18 líneas de maíz amarillo en la localidad de Tlaltizapán, Morelos. Se observa que las líneas mostraron diferencias estadísticamente altamente significativas en 9 (nueve) de las doce variables evaluadas.

Es de resaltar que en este ambiente en promedio las líneas mostraron valores no significativos para acame de tallo (ACTt) y porcentaje de mazorca podridas (%MzP) las cuales son características agronómicas de importancia.

Las diferencias observadas se explican debido a que las líneas fueron originadas en el ambiente tropical (Agua Fría, Puebla.), donde el clima es de alta humedad y alta temperatura, a diferencia de Tlaltizapán Mor., donde el clima es de baja humedad relativa (Kato *et al.*, 2009). Esto permite que las líneas presenten respuesta diferentes en otras regiones donde las condiciones son diferentes. Se debe de considerar la evaluación de materiales en diferentes ambientes que permitan obtener líneas de alto grado de adaptabilidad principalmente en ambientes contrastantes (Gordòn *et al.*, 2006; Urbina, 1991).

Respecto a los coeficientes de variación (CV) para las variables ACR, ACT, MACOB, TEX obtuvieron los porcentajes más altos aunque los valores fueron transformados ($y = \sqrt{x+0.5}$). El resto de las variables los porcentajes están dentro de los rangos aceptados (Falconer, 1978).

En promedio los genotipos fueron tardíos, con 90.8 y 92.4 de DFM y DFF, respectivamente, con una altura de promedio de planta (164.86 cm) y mazorca (81.94 cm), tolerante al ACR y ACT, con buena cobertura y por lo tanto con menor pudrición de mazorca. El rendimiento en promedio fue de 2.87 ton/ha con una producción de al menos una mazorca por planta (Mz/PI).

Cuadro 4.3. Cuadrados medios de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Tlaltizapán, Morelos, 2013.

F.V	Rep	Blo x Rep	Trat	Error	C V %	MEDIA
G.L	1	10	17	7		
REND	0.096	0.207	1.27 **	0.124	12.27	2.87
DFM	4.694	2.302	14.11 **	1.255	1.23	90.81
DFF	9.00 *	1.719	24.60 **	1.116	1.14	92.39
ALPT	56.25	71.406	568.60 **	23.884	2.96	164.86
ALTMz	0.000	67.656	525.58 **	35.491	7.27	81.94
ACRt	0.016	0.023	0.922 **	0.024	16.11	0.97
ACTt	0.465	0.156	0.126	0.090	34.03	0.88
MACBt	0.655	0.216	0.751 **	0.118	26.56	1.30
TEX	0.250	0.094	0.634 *	0.152	18.95	2.06
% MzP	0.037	0.012	0.023	0.007	51.14	0.18
Mz/PI	0.017	0.013	0.062 **	0.009	8.87	1.09
ASPMz	0.111	0.109	0.343 **	0.041	6.65	3.04

*, **, ns = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns= no significativo.
†REND= Rendimiento ton/ha, DFM= Días a floración masculina, DFF= Días de floración femenina, ALPT= Altura de planta, ALTMz= Altura de mazorca, ACRt= Acame de raíz transformado ($y = \sqrt{x+0.5}$), ACTt= Acame de tallo transformado ($y = \sqrt{x+0.5}$), MACBt= Mala cobertura transformado ($y = \sqrt{x+0.5}$), TEX= Textura de grano, %MzP= Porcentaje de mazorca podridas, Mz/PI= Numero de mazorca por planta, ASPMz= Aspecto de mazorca.

4.4. Medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Tlaltizapán, Morelos

En el Cuadro 4.4, se presenta las medias de las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en Tlaltizapán, Morelos. Los tratamientos fueron ordenados con base al rendimiento de grano (REND).

Respecto al rendimiento de grano, se observa que el T3 fue el que mostró el mayor potencial con 5.2 ton/ha y estadísticamente igual a los Tratamientos T6 y T5. Aún y cuando el T3 presenta el mayor potencial, se observa que presenta características agronómicas poco deseables como acame de raíz (ACR =16.5) y Mala cobertura de mazorca (MACOB=10.5). En contraste, se observa que presenta una proporción de mazorcas por planta (Mz/PI) de 1.36 la cual se considera buena y probablemente responsable a su alto rendimiento.

Además, el T3 es de ciclo tardío con 90.5 y 90.0 días para DFM y DFF, de porte medio con 177.5 cm (ALTP) y 90 cm (ALTMz), tolerante al ACT (0), con tipo de grano semicristalino (2.5), buen aspecto de mazorca (ASPMz 2.5), y un bajo porcentaje de mazorca podridas (%MzP 0.15).

En T6, el rendimiento de grano (REND) promedio fue de 4.85 ton/ha, estadísticamente igual al T3; este tratamiento (T6) también de ciclo tardío para DFM y DFF(89.5 y 89.5 días), fue de mayor ALPT y ALTMz, tolerante al ACR (1), ACT (0) y MACOB (0), con tipo de grano semicristalino (2), con buen aspecto de mazorca (ASPMz=2.3) y un bajo porcentaje de mazorca podridas

(%MzP 0.05) y finalmente se observa que difiere en 0.29 en la proporción Mz/PI con 1.07 respecto al T3. El tratamiento T5 con un rendimiento estadísticamente igual a T3 y T6. Fue de porte bajo con 160 cm (ALTP) y 82.5 cm (ALTMz). Se comportó estadísticamente igual a T3 y T6 respecto al ciclo, con 88.5 y 86.5 días para DFM y DFF respectivamente; tolerante al ACR (0) y susceptible al acame de tallo (ACT=3), con buena cobertura de mazorca (MACOB=1.5) y con al menos 1.05 Mz/PI; el tipo de grano semicristalino (2.3), con buen aspecto de mazorca (ASPMz 2.3), y un porcentaje bajo de mazorca podridas (%MzP 0.11).

Existen otros tratamientos con menor rendimiento que los anteriores pero superiores a la media general (2.87 ton/ha) con características agronómicas sobresalientes como es el caso de los tratamientos T2 y T18.

El tratamiento 2 se comportó de ciclo tardío para DFM y DFF 91.5 y 92.5 días, la ALTP y ALTMz fueron de porte medio con 175 y 87.5 cm respectivamente, tolerante al ACR (0), ACT (0) y MACOB (0.5), con al menos 1.32 Mz/PI, con tipo de grano cristalino (1.5) , presento un aspecto de mazorca (ASPMz 2.3), y un bajo porcentaje de mazorca podridas (%MzP 0.14) y finalmente el rendimiento de grano (REND) en promedio fue de 3.19 ton/ha. El tratamiento 18 fue de ciclo intermedio- tardío para DFM y DFF 87 y 94.5 días, de porte bajo con 132.5 y 57.5 cm para ALTP y ALTMz respectivamente; tolerante al ACR (0.5), ACT (0) y MACOB (0), con al menos 1.01 Mz/PI, con tipo de grano semicristalino (1.8), mal aspecto de mazorca (ASPMz 3.0) y un bajo porcentaje de mazorca podridas (%MzP 0.10) y finalmente el rendimiento de grano (REND) en promedio fue de 2.97 ton/ha.

Cuadro 4.4. Medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de Maíz Amarillo en Tlaltizapán, Morelos, 2013.

Tratamiento (T)	REND	DFM	DFF	ALPT	ALTMz	ACR	ACT	MACOB	Mz/PI	TEX	ASPMz	% MzP
3	5.20	90.5	90.0	177.5	90.0	16.0	0.0	10.5	1.36	2.0	2.5	0.15
6	4.85	89.5	89.5	187.5	112.5	1.0	0.0	1.0	1.07	2.3	2.3	0.05
5	3.74	88.5	86.0	160.0	82.5	0.0	3.0	1.5	1.05	2.3	2.5	0.11
14	3.22	88.5	88.0	140.0	60.0	0.0	0.0	2.0	1.03	2.3	2.9	0.03
2	3.19	91.5	92.5	175.0	87.5	0.0	0.0	0.5	1.32	1.5	2.8	0.14
16	3.04	88.5	91.0	127.5	50.0	0.0	1.0	2.0	1.09	2.3	3.0	0.40
17	3.00	92.0	93.5	155.0	55.0	0.0	0.5	12.5	1.46	1.8	3.8	0.11
18	2.97	87.0	94.5	132.5	57.5	0.5	0.0	0.0	1.01	1.8	3.0	0.10
10	2.82	90.5	93.0	185.0	100.0	0.0	0.0	0.5	0.88	1.5	3.0	0.29
11	2.82	87.5	92.5	182.5	90.0	0.5	0.0	0.5	1.36	3.0	3.3	0.07
7	2.77	89.0	91.5	185.0	97.5	0.5	0.0	0.0	1.29	2.0	3.3	0.43
13	2.52	96.5	103.0	150.0	70.0	0.0	0.0	0.5	0.87	1.0	3.0	0.16
4	2.37	89.0	87.0	180.0	97.5	0.0	1.5	0.5	1.07	2.0	2.8	0.05
1	2.13	94.5	97.0	160.0	87.5	0.0	0.0	0.0	1.17	3.8	3.3	0.41
12	2.09	96.0	97.0	172.5	102.5	0.0	0.5	2.0	1.10	1.5	3.1	0.16
15	2.06	95.5	95.5	165.0	85.0	0.0	0.5	0.0	0.89	1.8	3.3	0.10
9	1.86	92.5	94.0	185.0	82.5	0.0	0.5	0.0	0.92	2.8	3.5	0.18
8	1.13	87.5	87.5	147.5	67.5	0.0	0.0	0.5	0.69	1.8	3.8	0.24
MG	2.87	90.81	92.40	164.86	81.94	1.03	0.42	1.92	1.09	2.06	3.04	0.17
DMS	1.75	5.56	5.24	24.3	29.57	2.1	4.5	8.6	0.48	1.9	1.0	0.44

DMS= Diferencia Mínima Significativa al 0.05 de probabilidad, **MG=** Media general de las variables por tratamiento

4.5. Análisis combinado

En el Cuadro 4.5, se presentan las significancia de cuadros medios de las 12 variables evaluadas en las 18 líneas de maíz amarillo en Agua Fría, Puebla y Tlaltizapán, Morelos.

Para el factor localidades, las líneas o tratamientos fueron estadísticamente iguales para las variables REND, ACR, MACOB y TEX; en contraste, éstas fueron diferentes ($P < 0.05$) para ACT y, para el resto de las variables se observaron diferencia al nivel de 0.01. Estos resultado permiten conocer y entender que es muy importante tener en cuenta los tipos de condiciones que predominan en las localidades ya que alteran el comportamiento de las líneas, (Vergara *et al.*, 2005) pues una alta significancia en las localidades se atribuye a las condiciones climáticas.

Se observó que los tratamientos (líneas), con la excepción de la variable ASPMz donde no hubo diferencia estadística ($P > 0.05$); en el resto de las variables se observaron diferencias estadísticas. En diez de las doce variables las diferencias fueron al 0.01 y ACT al 0.05 de probabilidad.

La significancia en las variables indica que las líneas se comportaron diferentes para las dos ambientes. Lo anterior nos permite conocer la flexibilidad de los genotipos y las respuesta a los diferentes ambientes, tales como su comportamiento *per se*, adaptación y producción de semilla (Caballero, 2008).

Por otra parte para la obtención de líneas de alto grado de adaptabilidad en necesario la evaluación en distintos ambientes, principalmente en ambientes contrastantes (Gordòn *et al.*, 2006), donde nos permita seleccionar las mejores líneas de acuerdo a las variables de mayor importancia.

Para la interacción localidad por tratamientos (Loc x Trat) las variables fueron diferente al nivel de 0.01 para REND, DFF, ALPT, ACR, Mz/PI y diferente al nivel de 0.05 para ALTMz y, para el resto de las variables no se observó diferencia. Vergara *et al.* (2005) mencionan que la diferencia entre las localidades se atribuyen a las condiciones climáticas y por lo consiguiente la interacción genotipo x localidades indica que los genotipos muestran una respuesta diferente entre localidad. Espinoza *et al.* (2002) explica que la variabilidad ambiental acentuada por diferentes factores bióticos y abióticos (clima, humedad, tipo de suelo, vientos, manejo agronómico del cultivo) es la razón principal para utilizar metodologías de evaluación y conocer la respuesta diferencial de los cultivares a través de los ambientes de prueba.

Urbina (1991) señala que los factores bióticos y abióticos que influyen en el rendimiento son incontrolables, por ello es importante realizar evaluaciones en diferentes ambientes contrastantes, para valorar la flexibilidad de las líneas y su comportamiento en la interacciones genotipos x ambientes.

Respecto a los coeficientes de variación para las variables evaluada ACR, ACT, MACOB, TEX, %MzP, presentan los porcentajes más altos aun y cuando los valores fueron transformados ($y = \sqrt{x+0.5}$). El resto de las variables los porcentajes están dentro de los rangos aceptados (Falconer, 1978).

Las medias para DFF y DFM indican que en promedio los genotipos se comportaron como de ciclo intermedio-tardío con 88.57 y 89.5 días, la ALPL y ALTMz fueron de porte bajo con 161.94 y 76.57 cm respectivamente, tolerante al ACR (0.85) y ACT (1.03), con buena cobertura de mazorca (MACBt 1.58), el tipo de grano que predominó fue semicristalino con una media de TEX (2.02), con al menos 1.06 mazorcas por planta (Mz/Pl) y un bajo porcentaje de mazorca podridas (%MzP 0.14) y con mal aspecto de mazorca (ASPMz 2.76), finalmente el rendimiento de grano (REND) en promedio fue de 2.76 ton/ha el cual se considera bajo de acuerdo a las expectativas de CIMMYT.

Cuadro 4.5. Cuadrados medios de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en análisis combinado de las localidades Agua Fría, Puebla y Tlaltizapán, Morelos, 2013.

F.V	Loc	Rep (Loc)	Blo (Loc x Rep)	Trat	Loc x Trat	Error	C.V.	MEDIA
G.L	1	2	20	17	17	14		
REND	0.482	0.495	0.208	0.896 **	0.880 **	0.155	14.09	2.79
DFM	360.014 **	5.069 *	2.156	15.293 **	4.01	1.30	1.29	88.57
DFF	600.889 **	5.389	1.763	27.746 **	5.301 **	0.86	1.03	89.50
ALPT	612.5 **	128.472 *	67.188 *	622.087 **	101.483 **	24.95	3.08	161.94
ALTMz	2080.125 **	39.014	60.179	571.128 **	128.734 *	50.21	9.25	76.57
ACR	2.722	0.250	0.869	11.785 **	8.707 **	0.72	102.05	0.85
ACT	26.889 *	1.806	2.348	9.759 *	5.015	3.82	190.08	1.03
MACOB	8.00	8.028	3.807	20.026 **	5.432	2.63	102.40	1.58
TEX	0.056	0.181	0.117	1.706 **	0.225	0.10	16.44	2.02
Mz/PI	0.053 **	0.015	0.012	0.063 **	0.02 **	0.01	7.28	1.06
% MzP	0.115**	0.018	0.008	0.020 **	0.010	0.01	53.8	0.14
ASPMz	5.500 **	0.087	0.093	0.174	0.371 **	0.08	10.07	2.76

*, **, ns = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns= no significativo. †REND= Rendimiento ton/ha, DFM= Días a floración masculina, DFF= Días de floración femenina, ALPT= Altura de planta, ALTMz= Altura de mazorca, ACR= Numero de acame de raíz, ACT= Numero de acame de tallo, MACOB= Numero de mazorca con mala cobertura, TEX= Textura de grano, Mz/PI= Numero de mazorca por planta, %MzP= Porcentaje de mazorca podridas, ASPMz= Aspecto de mazorca.

4.6. Comparación de medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en ambas localidades

En el Cuadro 4.6, se representan las medias de las 12 variables evaluadas en ambas localidades. Las variables de igual comportamiento estadísticamente para ambas localidades fueron REND, ACR, MACOB, TEXT. Mientras para las variables de comportamiento diferente fueron DFM, DFF ALPT, ALTMz, Mz/PI, %MzP, ASPMz, para la localidad de Tlaltizapán, Morelos, mientras que ACT solamente se comportó diferentes para Agua Fría, Puebla , lo anterior indica que los tratamientos tienen respuestas diferentes para los ambientes lo que se ve reflejado en la producción por hectárea (Caballero, 2008).

El REND fue estadísticamente igual en ambas localidades, pues como lo afirma Arellano *et al.* (2011) para aumentar la productividad es necesario desarrollar variedades estables con rendimiento alto, para ello se requieren genotipos que mantengan un comportamiento estable en diferentes localidades y años, además de un rendimiento alto.

Cuadro 4.6. Medias de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en la localidad Agua Fría, Puebla y Tlaltizapán, Morelos, 2013.

LOC	REND	DFM	DFF	ALPT	ALTMz	ACR
AF	2.71 a*	86.33 b	86.11 b	159.03 b	71.19 b	0.64 a
TLAL	2.87 a	90.81 a	92.39 a	164.86 a	81.94 a	1.03 a
LOC	ACT	MACOB	Mz/PI	% MzP	TEX	ASPMz
AF	1.64 a	1.25 a	1.03 b	0.095 b	2.00 a	2.49 b
TLAL	0.42 b	1.92 a	1.09 a	0.175 a	2.06 a	3.04 a

Comparación de medias por el método de Tukey 0.05, *medias con la misma letra no son significativamente diferentes, AF= Agua Fría, TLAL= Tlaltizapán.

4.7. Medias de las variables REND, TEX, ASPMz

En el Cuadro 4.7, se presentan las medias de tres de las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades, los tratamientos se ordenaron de acuerdo a mayor rendimiento (REND).

Se observa que el T3 con mayor producción de grano (REND) con 4.30 ton/ha fue estadísticamente igual a 7 tratamientos y diferente para resto de los tratamientos.

El T1 con 3.88 de TEX fue estadísticamente igual al T9 y T10 con un tipo de grano semidentado y para el resto fueron diferentes. El T9 con 3.13 de ASPMz fue estadísticamente igual a 17 tratamientos más y diferente al T14.

Cuadro 4.7. Medias de tres de las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades, 2013.

Tratamientos (T)	REND	TEX	ASPMz
3	4.30 a*	1.75 def	2.38 ab
5	3.37 ab	2.13 bcd	2.38 ab
18	3.37 ab	1.88 def	2.63 ab
14	3.34 ab	2.63 bcd	2.30 b
6	3.34 ab	2.38 bcd	2.50 ab
11	3.32 ab	1.25 ef	2.75 ab
10	3.27 ab	3.00 abc	2.38 ab
2	3.07 bcd	1.25 ef	2.50 ab
17	2.96 bcde	1.38 ef	2.88 ab
7	2.68 bcdef	2.50 bcd	3.13 a
12	2.63 bcdef	1.25 ef	2.55 ab
16	2.57 bcdef	2.38 bcd	3.00 ab
1	2.31 bcdef	3.88 a	3.00 ab
4	2.12cdef	2.00 de	2.88 ab
13	2.12 cdef	1.00 f	3.13 a
9	2.06 def	3.13 ab	3.13 a
15	1.80 ef	1.38 ef	3.13 a
8	1.66f	1.38 ef	3.13 a

*tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual al 0.05 de probabilidad.

4.8. Medias de las variables DFM, DFF, ALPT, ALTMz

En el Cuadro 4.8 se presentan las medias de días a floración masculina, femenina, altura de planta y mazorca de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades.

Se observa que el T13 con 92.8 DFM estadísticamente igual al T1, T12 y T15 se comportaron de ciclo tardío, mientras que para el resto fueron diferente con un comportamiento de ciclo intermedio-tardío. El T13 con 92.50 DFF fue estadísticamente diferente para el resto, comportándose de ciclo tardío, mientras que el resto se comportaron de ciclo intermedio-tardío.

Para ALTPL el T7 con 185 cm fue estadísticamente igual a 5 tratamientos de porte medio y para el resto fueron diferente. El T6 con 102.5 cm de ALTMz fue estadísticamente igual a 6 tratamiento con porte medio y el resto fueron diferente con porte bajo.

Cuadro 4.8. Medias de cuatro de las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades, 2013.

Trat	DFM	DFF	Trat	ALPT	ALTMz
13	92.80 a*	98.50 a	7	185.00 a	93.75 abc
1	92.25 ab	93.75 b	6	181.25ab	102.5 a
15	92.25 ab	91.75 bcd	11	181.25 ab	93.75 abc
12	92.00 abc	92.50 bc	3	177.50 abc	92.50 abcd
2	89.25 bcd	89.50def	10	177.50 abc	78.25 bcdef
9	89.00 bcde	89.75 def	9	177.50 abc	73.75 cdefg
6	89.00 bcde	88.75 ef	2	168.75 bcd	77.50bcdef
17	88.75 cde	89.75 def	12	167.50bcd	95.00 ab
11	88.50def	89.75 def	4	166.25 cde	86.25 abcde
3	88.50def	89.00 ef	5	161.25 def	73.75 cdefg
14	88.00defg	87.25 fgh	1	157.50 defg	85.00 abcde
4	88.00defg	86.00ghi	17	156.25 defg	56.25 gh
7	87.50defg	89.25 def	15	152.50 efgh	72.50defg
16	86.25 defg	87.25 fgh	8	148.70 fghi	67.50efgh
5	86.25 defg	84.50 i	14	145.00 ghij	61.25 fgh
8	85.75 efg	85.25 hi	13	142.50 hij	61.25 fgh
10	85.25 fg	88.50 efg	18	135.00 ij	56.25 gh
18	85.00 fg	90.00cde	16	133.75 j	51.25 h

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual al 0.05 de probabilidad.

4.9. Medias de las variables ACR y ACT

En el Cuadro 4.9 se representa las medias de dos de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades. El T3 con mayor rendimiento de grano (REND) presento ACR (8.5) y ACT (0), para ACR fue estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. El T6 con 7.0 de ACT fue estadísticamente igual al T11, T4 y para el resto diferentes.

Cuadro 4.9. Medias en dos de las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades, 2013.

Trat	ACR	ACT
3	8.50 a	0.00 b
10	2.00 b	0.00 b
11	1.25 b	1.25 ab
6	0.75 b	7.00 a
15	0.75 b	0.50 b
18	0.25 b	0.00 b
2	0.25 b	0.50 b
7	0.25 b	0.75 b
12	0.25 b	1.00 b
13	0.25 b	0.25 b
4	0.25 b	5.50 ab
8	0.25 b	0.00 b
5	0.00 b	0.29b
14	0.00 b	0.25 b
17	0.00 b	0.25 b
16	0.00 b	0.50 b
1	0.00 b	0.00 b
9	0.00 b	0.75 b

*tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual al 0.05 de probabilidad.

4.10. Media de las variables MACOB, Mz/PI, % MzP

En el Cuadro 4.10 se presentan la medias de tres de 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades. Se observa que el T3 con 8.50 de MACOB, fue estadísticamente igual al T17 y para el resto fue estadísticamente diferente. Para %MzP el T16 con 0.30 se comportó estadísticamente igual a 10 tratamientos y diferente al resto. El T11 con 1.40 de Mz/PI fue estadísticamente igual al T2, T3 y T17 que el resto de los tratamientos.

Cuadro 4.10. Medias en tres de las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades, 2013.

Trat	MACOB	%MzP	Mz/PI
3	8.50 a	0.16 abc	1.29 ab
17	8.25 a	0.09 bc	1.29 ab
12	2.00 b	0.13 abc	1.09 bcd
4	2.00 b	0.06 c	1.06 bcde
14	1.50 b	0.08 bc	1.05 cdef
16	1.50 b	0.30 a	1.04 cdef
5	1.25 b	0.06 c	1.05 cdef
13	1.00 b	0.13 abc	0.84 ef
9	0.75 b	0.13 abc	0.92 def
6	0.50 b	0.07 c	0.97 cdef
11	0.50 b	0.08 bc	1.40 a
2	0.25 b	0.12 abc	1.20 abc
10	0.25 b	0.17 abc	0.93 def
8	0.25 b	0.14 abc	0.83 f
7	0.00 b	0.29 ab	1.14 bcd
1	0.00 b	0.27 abc	1.08 bcd
18	0.00 b	0.07 c	1.01 cdef
15	0.00 b	0.09 bc	0.94 def

*tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual al 0.05 de probabilidad.

4.11. Coeficiente de correlación

En el Cuadro 4.11, se presentan los coeficientes de correlación fenotípica entre las 12 variables evaluadas en 18 líneas de maíz amarillo en dos localidades.

El REND correlaciono significativa y positivamente con ACR (0.58*), MACOB (0.43*) y Mz/PI (0.58*) y negativamente con la variable ASPMz (-0.83**).

Otras correlaciones importantes de explicación biológica es la que se observan entre DFM y DFF (0.78**) así mismo como la ALPT y ALTMz (0.85**), %MzP y ASPMz (0.39*).

Correlaciones como DFF y ACT (-0.45*), ACR y MACOB (0.59**), ACR y ASPMz (-0.37*), ALPT y Mz/PI (0.38*) se pueden deber al tipo de muestreo, al tamaño de la muestra y/o al azar.

Cuadro 4.11. Correlación fenotípica de 12 variables cuantificada en 18 líneas de maíz amarillo en dos ambientes, 2013.

	REND	DFM	DFF	ALPT	ALTMZ	ACR	ACT	MACOB	Mz/PI	% MzP	TEX	ASPMz
REND	1											
DFM	-0.34*	1										
DFF	-0.22	0.78**	1									
ALPT	0.29	0.05	-0.11	1								
ALTMz	0.22	0.25	0.01	0.85**	1							
ACR	0.58*	-0.05	-0.03	0.34	0.34	1						
ACT	-0.01	-0.18	-0.45*	0.09	0.11	-0.17	1					
MACOB	0.43*	0.03	-0.06	0.07	-0.06	0.59**	-0.03	1				
Mz/PI	0.58*	0.01	-0.10	0.38*	0.31	0.35*	0.06	0.52	1			
% MzP	-0.17	0.01	0.15	-0.01	0.01	0.03	-0.33	-0.10	0.00	1		
TEX	0.02	-0.16	-0.14	0.16	0.10	-0.09	-0.03	-0.24	-0.19	0.47*	1	
ASPMz	-0.83**	0.29	0.33	-0.20	-0.21	-0.37*	-0.15	-0.22	-0.30	0.39*	-0.03	1

*, **= significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad

V. CONCLUSION

De los resultados obtenidos se puede concluir:

- Para la localidad de Agua fría, Puebla, el análisis de varianza los genotipos fueron diferente ($p < 0.01$) para REND, DFM, ALTMz y ($p < 0.05$) para DFF, ALPT, TEX, Mz/PI.
- En promedio de rendimiento de las líneas fue de 2.71 ton/ha, donde el T11 obtuvo mayor REND (3.83 ton/ha), y se observaron que 15 tratamientos fueron iguales.
- El T11 fue de ciclo intermedio-tardío (DFF y DFM), presento estadísticamente el mayor número de mazorca por planta (Mz/PI), de porte medio (ALPT y ALTMz), con buena cobertura y bajo %MzP.
- Para la localidad de Tlaltizapán, Morelos, los genotipos evaluados fueron diferente de las diez de las doce variables evaluadas.
- En promedio de rendimientos de las líneas fue de 2.87 ton/ha, donde se observaron que el T3 fue superior al testigo (T18) con un REND (5.20 ton/ha), y estadísticamente igual T5 y T6.
- El T3 se caracterizó por un alto número de mazorca por planta (Mz/PI), tolerante al ACT, bajo %MzP, de porte medio para ALTP y ALTMz, de comportamiento tardío de DFM y DFF.

- En el análisis de varianza las localidades fueron estadísticamente igual para las variables REND, ACR, MACOB, TEX y diferente para el resto incluyendo el rendimiento.
- Los tratamientos fueron diferentes para once de las doce variables evaluadas.
- El T3 fue estadísticamente superior para REND en ambas localidades y estadísticamente igual a los genotipos T5, T18, T14, T6, T11 y T10.
- El T3 se caracteriza por un alto número de mazorca por planta (Mz/PI), de ciclo intermedio-tardío (DFM y DFF) con porte bajo (ALPT y ALTMz), tolerante al ACT y de bajo %MzP.
- En promedio de rendimiento de las líneas fue de 2.79 ton/ha,
- Las variables más afectadas por el ambiente fueron REND, DFF, ALPT, ALTMz, ACR, Mz/PI y ASPMz.
- El REND correlaciono significativamente positivo con, ACR, MACOB, Mz/PI y negativamente para ASPMz.
- Se sugiere que estas líneas sean evaluadas al menos un ciclo más en ambas localidades.

VI. LITERATURA CITADA

Aragón, C.F., S. Taba, J.M. Hernández, J. de D. Figueroa, V. Serrano y F.H. Castro. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico Número 6. Oaxaca. México. 334p.

Arellano V J L, J Virgen V, I Rojas M, M A Avila P (2011) H-70: Híbrido de maíz de alto rendimiento para temporal y riego del Altiplano Central de México. Revista Mexicana Ciencia Agrícola 2:619-626.

Avila Narciso Vergara, Sergio A. Rodríguez Herrera, Hugo Córdova Orellana. Potencial de líneas de maíz para mejorar híbridos. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 26, núm. 4, octubre-diciembre, 2003, pp. 291-299, Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México

Avila Narciso Vergara, Sergio A. Rodríguez Herrera, Hugo Córdova Orellana Evaluación de líneas tropicales de maíz (*Zea mays*) como fuente de alelos favorables para mejorar híbridos simples élites. Agronomía Mesoamericana, vol. 16, núm. 2, julio-diciembre, 2005, pp. 127-136, Universidad de Costa Rica Costa Rica.

Avila Narciso Vergara, Sergio A. Rodríguez Herrera, Hugo Córdova Orellana. Redalyc. Aptitud combinatoria general y específica de líneas de maíz (*Zea mays* L.) tropical y subtropical. Agronomía mesoamericana, vol. 16, nume.2, junio-diciembre, 2005, pp. 137–143, universidad de costa rica, costa rica.

- Bauman, L.F. 1981. Review of methods used by breeders to develop superior corn inbreds. In Proc. 36th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf., p. 199-208. Chicago, IL, USA, ASTA.
- Bejarano, A., V. Segovia y C. Marín. 2000. Evaluación de cruzamientos simples de maíz provenientes de líneas con tres niveles diferentes de endocria. *Agronomía Trop.* 50 (3): 461-476.
- Caballero, A.P., 2008. H-520, Híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agricultura Técnica en Mexico*, Vol. 34, num.1, pp.119–122.
- Chase, S.S. 1952. Production of homozygous diploids of maize from monoploids. *Agricultura de Agronomía. J.*, 44: 263-267.
- Chassaigne-Ricciulli, A. & Barrientos-Acosta, V., 2012. Obtención de una población de maíz para tolerancia a factores adversos en tres estados de Venezuela, *Bioagro*, 24(3), pp.221–226.
- Córdova H., Castellanos S, Barreto, H, Bolaños J. 2002. Veinticinco Años de Mejoramiento en los Sistemas de Maíz en Centroamérica: Logros y Estrategias Hacia el año 2000. *Agronomía Mesoamericana*, año/vol. 13, número 001 Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica pp. 73-84
- Coutiño, E. B., A. Vidal, M. 2003. Estabilidad del rendimiento de grano de híbridos de maíz usando mejores predictores lineales insesgados. *Agrociencia* 37:605- 616.

- De León, C.H., De la Rosa, L.A., Sánchez, F.R., y Zambrano, M. 2006. Efectos genéticos, heterosis y diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz adaptados al Bajío mexicano. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(3):247-254.
- Díaz, W.R.S., Jiménez, Y.J.A. & Aponte, J.J., 2009. Evaluación de las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en diferentes fechas de siembra. *Revista UDO Agrícola*, 9(4), pp.743–755.
- Espinoza, A, B., Ortega, D. y R, Urbina. 200. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano blanco y amarillo en ambientes contrastantes de Nicaragua. EN: síntesis de resultados experimentales del PRM. Volumen 6.Pp.32-33
- Espinoza-B, A. & Palomo-G, A., 2011. Aptitud combinatoria del rendimiento y sus componentes en dos grupos de líneas de maíz. *Agronomía mesoamericana*. 22(2), pp.257–267.
- Falconer, D, S.1978. *Introducción a la Genética Cuantitativa*. Ed. CECSA 28. Edición. 338 p
- Fan X M, J Tan, H M Chen, J Y Yang. 2003. Heterotic grouping for tropical and temperate maize inbreds by analyzing combining ability and SSR markers. *Maydica* 48:251-257.
- Francisco Cervantes Ortiz, Gabino García De los Santos, Aquiles Carballo Carballo, David Bergvinson, J. Luis Crossa, Mariano Mendoza Elos,

Ernesto Moreno Martínez. Herencia del vigor de plántula y su relación con caracteres de planta adulta en líneas endogámicas de maíz tropical. *Agrociencia*, vol. 41, núm. 4, mayo. Junio, 2007, pp. 425-433, Colegio de Postgraduados México

Freddy Mora, Carlos Alberto Scapim. 2007. Predicción de valores genéticos de efecto de poblaciones de maíz evaluadas en Brasil y Paraguay. *Agricultura técnica (chile)*, 67(2), pp.139–146.

González S, Rodríguez, Córdova O. H. De León H. Serrano, M.V.1997. Determinación de un patrón heterótico a partir de la evaluación de un dialelo de diez líneas de maíz subtropical. *Agronomía Mesoamérica*, 8 (1), pp.1–7.

González, L. & Hernández, A., 2009. Caracterización molecular de líneas tropicales de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con los patrones heteróticos. *Bioagro* 21(3), pp.165–172.

Gordon, M, R; Camargo-Buitrago, I; Franco-Barrera, J; González-Saavedra, A. 2006. Adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 17(2):189-199.

Gordón, M, R; Franco-Barrera, J; Camargo-Buitrago, 2010. Adaptabilidad y estabilidad de 20 variedades de maíz, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 21(1):11-20.

- Granados, G. E. 2010. Caracterización de germoplasma de maíz tropical tardío bajo riego. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. pp.7-14.
- Guerrero, G, C; Espinoza-Banda, A; Palomo-Gil, A; Gutiérrez-Del Río, E; Luna-Ortega, JG; Rodríguez- Dimas, N. Comportamiento Genético y Aptitud Combinatoria en Cruzas Simples con Líneas Élite de Maíz. Universidad y Ciencia, Vol. 28, Número 1, Abril, 2012, pp. 65-77 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México.
- Hallauer, A.R., Russell, W.A. & Lamkey, K.R. 1988. Corn breeding. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. Corn and corn improvement, p. 463-564. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Kato, T.A., C. Mapes, L.M. Mera, J.A. Serratos, R.A. Bye. 2009. Origen y diversificación del maíz; una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.
- Lamkey, R.L.; Schnicker, B.; Gocken, T. 1993. Choice of source population for inbred corn development. Proc. Annu. Corn and Sorghum. Ind. Res. Conf. 48: 91- 103.
- Paliwal. L .R. Granados, G. Lafitte. Violic, A. D. 2001. El maíz en los trópicos; los ambientes de cultivo del maíz. Departamento de agricultura. Pp (33)

- Salazar. Q.A.2006. Evaluación de veinte híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en cinco localidades de Nicaragua. Pp (13).
- Sámano G. D, Rincón S, F, Ruiz .T.N. Espinoza V.J. De león C. 2009. Efectos genéticos en cruzas directas y recíprocas formadas a partir de líneas de dos grupos germoplásmicos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 32, núm. 1, pp. 67-74, Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México.
- San-Vicente. F., Kumar V.S., Douglas M.S., Kumar Ramanu J.S. and Barandiaran M. 1999. *Agronomía tropical: comportamiento de las líneas tropicales precoces de maíz en condiciones de sequía*. 49 (2):135-154.
- Urbina, R. y Bruno, A. 1991. *Estabilidad del rendimiento de cultivares de maíz en ambientes contrastantes de Nicaragua*. CNIGB. Managua, Nicaragua. 19 pp.
- Vázquez C.M.G. Santiago .R.D. Salinas M.Y. Rojas .M. Arellano V. J.J. Velázquez C.G. A. Espinosa C.A. 2012. Interacción genotipo-ambiente del rendimiento y calidad de grano y tortilla de híbridos de maíz en valles altos de Tlaxcala, México. 35(3), pp.229–237.
- Wong, R, R, Gutiérrez-Del Río E, Rodríguez-Herrera S, Palomo-Gil A, Córdoba-Orellana H, Espinoza- Banda A (2006) Aptitud combinatoria y parámetros genéticos de maíz para forraje en La Comarca Lagunera. *Universidad y Ciencia* 22 (2):141-151.