



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y  
PRODUCTIVIDAD**

**GENÉTICA**

## **VALORACIÓN DEL POTENCIAL DE GERMOPLASMA EXÓTICO TEMPLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE MAÍZ SUBTROPICAL**

**XIOMARA GUADALUPE RUIZ RUIZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

**2018**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Xiomara Guadalupe Ruiz Ruiz, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Fernando Castillo González, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis

"Valoración del potencial de germoplasma exótico templado para el mejoramiento de maíz subtrropical"

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 08 de octubre de 2018



Firma del  
Alumno (a)



Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **"Valoración del potencial de germoplasma exótico templado para el mejoramiento de maíz subtropical"**, realizada por la alumna: **Xiomara Guadalupe Ruiz Ruiz**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GENÉTICA

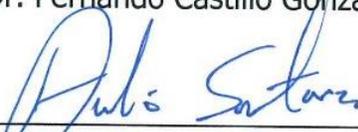
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



Dr. Fernando Castillo González

ASESOR:



Dr. Amalio Santacruz Varela

ASESOR:



Dr. Thanda Dhliwayo

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre de 2018

# VALORACIÓN DEL POTENCIAL DE GERMOPLASMA EXÓTICO TEMPLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE MAÍZ SUBTROPICAL

Xiomara Guadalupe Ruiz Ruiz, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

## RESUMEN

El germoplasma de maíz (*Zea Mays L.*) en el subtrópico presenta algunas desventajas agronómicas como bajo potencial de rendimiento, madurez tardía y acame. El objetivo fue valorar el potencial de la incorporación del germoplasma templado de la Faja Maicera al maíz subtropical en México para su mejoramiento. A partir de seis poblaciones de cada grupo heterótico "A" y "B" con 25% de germoplasma exótico, se derivaron líneas S<sub>3</sub> con el método de pedigrí. Cada grupo de líneas se cruzó con un probador de grupo contrario para formar mestizos y se evaluaron en seis localidades en el subtrópico durante el ciclo primavera - verano de 2017. Para el grupo heterótico "B" la tercera parte de los mestizos superaron a los testigos subtropicales en más de una t ha<sup>-1</sup>, seis mestizos superaron en rendimiento al testigo comercial Dekalb 2061 con 0.02 a 0.70 t ha<sup>-1</sup>. El promedio de los mestizos de la población CML444/LH213//CL106951 de grupo heterótico "B", resultó sobresaliente en este estudio con un rendimiento de 11.4 t ha<sup>-1</sup> y con un porte de altura hasta 7 cm menor que el testigo comercial Dekalb 2061. Los mestizos de las poblaciones del grupo heterótico "A" en promedio fueron inestables con los ambientes y se obtuvo un menor potencial de rendimiento, de aquí sólo seis mestizos fueron superiores a los testigos subtropicales derivados de la población CML264/PHHB9//CML549. En general, las seis poblaciones y sus mestizos presentaron buen comportamiento agronómico, ciclo de madurez intermedio y no hubo presencia grave de enfermedades. El germoplasma exótico templado de la faja maicera en proporción de 25 % se adapta bien a las condiciones de subtrópico y aporta características agronómicas útiles para mejoramiento genético del maíz subtropical.

**PALABRAS CLAVE:** *Zea Mays L.*, germoplasma exótico, mejoramiento genético, mestizo, subtrópico.

# **AN ASSESSMENT OF THE POTENTIAL TEMPERATE EX-PVP GERMPLASM TO IMPROVE THE YIELD POTENTIAL OF SUBTROPICAL MAIZE**

Xiomara Guadalupe Ruiz Ruiz, M.S.

Colegio de Postgraduados, 2018

## **ABSTRACT**

Subtropical maize germplasm (*Zea Mays L.*) presents some agronomic disadvantages such as low yield potential, late maturity and susceptibility to lodging. The objective was to evaluate the potential incorporation the temperate germplasm of the Corn Belt from EEUU to the subtropical corn from Mexico for its improvement. Three populations of each heterotic pattern "A" and "B" with 25 % of exotic germplasm, lines were derived to S<sub>3</sub> with the pedigree method. Each group of lines was crossed with an opposite group of testers to form the testcrosses and were evaluated in six environments in the subtropics during the cycle 2017. For the heterotic pattern "B" the third part of the testcrosses exceeded the subtropical checks to more than one ton/ha, six testcrosses exceeded in performance the commercial check Dekalb 2061 by 0.02 to 0.70 t ha<sup>-1</sup>. The average from the testcrosses of the population CML444/LH213//CL106951 from heterotic pattern "B", was outstanding in this study with a yield of 11.4 t ha<sup>-1</sup> and with a height of up to 7 cm lower than the commercial check Dekalb 2061. The average from the testcrosses of the populations from heterotic pattern "A" were unstable with the environment and obtained a lower yield potential, from these only six testcrosses were outstanding to the subtropical checks derived from the population CML264/PHHB9//CML549. In general, the six populations and their testcrosses presented a good agronomic performance, intermediate cycle of maturity and there was no serious presence of diseases. The exotic temperate germplasm of the corn belt in proportion of 25 % adapts well to subtropical conditions, it can provide useful agronomic characteristics for genetic improvement of subtropical corn.

**KEY WORDS:** *Zea Mays L.*, exotic germplasm, genetic breeding, testcross, subtropics.

## **DEDICATORIA**

A mi mamá Elda Ruiz y mi papá Roberto Ruiz, que han estado en todo momento para apoyarme a cumplir mis metas a pesar de la distancia.

A mis hermanos Jesús y Luis, por todo su cariño incondicional.

A mi novio Manuel, por alentarme a no rendirme, por su compañía y afecto.

A mis abuelas Gisela y Luisa, por su cariño, que siempre han estado ahí, aunque dicen que no tienen idea de lo que estoy estudiando.

A toda mi familia, a mis tíos y primos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su financiamiento durante estos dos años para poder culminar mi maestría en ciencias.

Al Colegio de Postgraduados, especialmente al área de Genética por permitirme ingresar a realizar mis estudios en su especialidad, por resolver mis dudas y por la formación brindada.

A mi Consejero, el Dr. Fernando Castillo por compartir su conocimiento, por su tiempo y su apoyo para culminar el proyecto de investigación.

A mi asesor, el Dr. Thanda Dhliwayo, por todo su apoyo durante la ejecución del proyecto, por compartir experiencias, por su paciencia y la confianza otorgada.

A mi asesor, el Dr. Amalio Santacruz, por su apoyo y asesorías durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados.

A mis compañeros de genética, por su compañía durante mi maestría, por cada anécdota y carcajada.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT .....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS .....	vii
CONTENIDO.....	viii
LISTA DE CUADROS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes y planteamiento del problema .....	1
1.2. Objetivos .....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Hipótesis .....	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1. Heterosis.....	7
2.2. Divergencia genética .....	8
2.3. Formación de mestizos .....	11
2.4. Grupos heteróticos.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1. Ubicación geográfica y temporal del estudio.....	15
3.2. Selección de germoplasma.....	16
3.3. Derivación de líneas para adaptación .....	19
3.4. Formación de mestizos .....	20
3.5 Evaluación de mestizos .....	21
3. 6. Variables evaluadas.....	23
3.6.1. Floración masculina .....	23
3.6.2. Floración femenina .....	23

3.6.3. Altura de planta.....	23
3.6.4. Altura de la mazorca.....	23
3.6.5. Acame de raíz.....	23
3.6.6. Acame de tallo.....	23
3.6.7. Cobertura de la mazorca.....	23
3.6.8. Aspecto de la mazorca.....	24
3.6.9. Aspecto de la planta.....	24
3.6.10. Número de mazorcas cosechadas.....	24
3.6.11. Número de mazorcas podridas.....	24
3.6.12. Peso de campo.....	24
3.6.13. Porcentaje de humedad.....	25
3.6.14. Rendimiento de grano.....	25
3.7. Análisis estadístico.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. Análisis de varianza.....	28
4.2. Evaluación de poblaciones con 25 % de germoplasma exótico.....	31
4.3. Evaluación de comportamiento de mestizos.....	37
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
VI. LITERATURA CITADA.....	47
VII. APÉNDICE.....	53

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Cronología de las actividades realizadas.....	16
Cuadro 2. Líneas élite utilizadas para la formación de poblaciones con 25% de germoplasma exótico.....	17
Cuadro 3. Líneas probadoras subtropicales en la formación de mestizos.....	21
Cuadro 4. Fuentes de variación y grados de libertad para el diseño $\alpha$ -látice.....	26
Cuadro 5. Análisis de varianza para rendimiento de grano de la evaluación de mestizos con líneas $S_3$ derivadas de poblaciones con 25% de germoplasma templado del grupo heterótico "B".....	29
Cuadro 6. Análisis de varianza de la evaluación de mestizos con líneas $S_3$ derivadas de poblaciones con 25% de germoplasma templado del grupo heterótico "A" (ensayo 17ST1XRB) para rendimiento de grano. Cuatro localidades, ciclo PV 2017.....	31
Cuadro 7. Promedio para características agronómicas de mestizos de líneas $S_3$ agrupados por población con 25% de germoplasma templado del grupo heterótico "B" (ensayo 17ST1XRA). Cinco localidades, ciclo P-V 2017.....	33
Cuadro 8. Promedio para características agronómicas de mestizos de líneas $S_3$ agrupadas por población con 25% de germoplasma templado del grupo heterótico "A" (ensayo 17ST1XRB). Cuatro localidades, ciclo P-V 2017.....	35
Cuadro 9. Promedios de características agronómicas de mestizos sobresalientes dentro de las poblaciones con 25% de germoplasma templado del grupo heterótico "B" (ensayo 17ST1XRA). Cinco localidades, ciclo P-V 2017.....	39
Cuadro 10. Promedios de características agronómicas de mestizos sobresalientes dentro de las poblaciones con 25% de germoplasma templado del grupo heterótico "A" (ensayo 17ST1XRB). Cuatro localidades, ciclo P-V 2017.....	42

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución de los ensayos de rendimiento “17ST1XRA” y “17ST1XRB” .....	22

## LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE

		Pág.
Cuadro A-1	Análisis de varianza de características agronómicas del ensayo 17ST1XRA (grupo heterótico "B"). Cinco localidades, PV 2017.....	53
Cuadro B-1	Análisis de varianza de características agronómicas del ensayo 17ST1XRB (grupo heterótico "A"). Cuatro localidades, PV 2017.....	56
Cuadro C-1	Promedios para rendimiento de grano, floración masculina, floración femenina y humedad en el grano de los cuarenta y tres mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRA (grupo heterótico "B"), ciclo P-V 2017.....	59
Cuadro D-1	Promedios de altura de planta, altura de mazorca, aspecto de planta y aspecto de mazorca de los cuarenta y tres mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRA (grupo heterótico "B"), ciclo P-V 2017.....	61
Cuadro E-1	Promedios de acame de raíz, acame de tallo, mala cobertura de mazorca y pudrición de los cuarenta y tres mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRA (grupo heterótico "B"), ciclo P-V 2017.....	63
Cuadro F-1	Promedios para rendimiento de grano, floración masculina, floración femenina y humedad de grano de cuarenta y cinco mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRB (grupo heterótico "A"), ciclo P-V 2017.....	65
Cuadro G-1	Promedios de altura de planta, altura de mazorca, aspecto de planta y mazorca de cuarenta y cinco mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRB (grupo heterótico "A"), ciclo P-V 2017.....	67
Cuadro H-1	Promedios de acame de raíz, acame de tallo, mala cobertura de mazorca y pudrición de cuarenta y cinco mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRB (grupo heterótico "A"), ciclo P-V 2017....	69

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes y planteamiento del problema

Se reconoce que el maíz se domesticó aproximadamente entre 8,000 y 6,000 AC en Mesoamérica, en un área a menos de 500 km de la Ciudad de México (Wilkes y Goodman, 1995). Todos los tipos de maíz pertenecen a la especie *Zea mays* L. del género *Zea*, tribu Tripsaceae, de la familia Poaceae. Los géneros más próximos al maíz son *Tripsacum* y el Teosinte que se encuentran estrechamente emparentados con él (De la Loma, 1979). Se han identificado setenta razas de maíz, tres especies y dos subespecies de teocintle y a trece especies de *Tripsacum* como parientes silvestres; esta última, el *Tripsacum*, se considera pariente terciario del maíz, lo cual constituye un importante reserva genética que permite la subsistencia de la especie (CONABIO-INIFAP-INE. 2011), éstas representan un significativo porcentaje de las 220 a 300 razas de maíz que se han descrito en el Continente Americano (Kato *et al.*, 2009).

En la actualidad, el maíz es el cultivo más importante en términos de volumen producido en el mundo y sus características únicas lo han convertido en un cultivo valioso a lo largo de la historia (Pruitt, 2016). Su importancia radica en su valor nutricional; es un grano básico para la alimentación con la aportación de carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales indispensables en la dieta alimenticia (Preciado *et al.*, 2013). Además es de importancia económica como materia prima de muchos productos industriales; éstas pueden ser algunas de las razones por las cuales la demanda va en crecimiento, tanto para su uso como maíz forrajero como para el consumo humano y para el uso industrial (FIRA, 2016).

En México, el maíz es el cultivo más importante por la superficie sembrada y por el valor de su producción; sin embargo, se requiere mejorar su productividad. Para el año 2015 el rendimiento promedio por hectárea de maíz grano para las zonas de riego fue de 8.0 t/ha, mientras que en temporal promedió 2.3 t/ha. En el mismo ciclo, la producción de maíz de grano totalizó 24.69 millones de toneladas; tal producción integra la

composición por tipo de maíz: el 85.9 % de la producción nacional correspondió a maíz blanco, 13.6 % a maíz amarillo y el restante 0.5 % a otros tipos de maíz. En México, el maíz de grano blanco se utiliza principalmente para la elaboración de tortillas y tamales, y de acuerdo con las estadísticas oficiales, en el ciclo 2016/17 el consumo de maíz grano blanco fue de 23.3 millones de toneladas, con una balanza comercial deficitaria (FIRA, 2016). Un medio para aumentar la productividad es el mejoramiento genético, que permite modificar las características de las poblaciones de los cultivos con el objetivo de generar nuevas variedades mejoradas; con los desafíos que se han generado por el cambio climático es indispensable obtener materiales más productivos y de mayor tolerancia a las fluctuaciones ambientales, que es uno de los principales enfoques de los programas de mejoramiento.

México cuenta con una gran riqueza genética y es considerado como fuente de origen y diversidad del maíz (Bartolini, 1990). Esta diversidad genética esta compuesta por variantes con adaptación a diferentes ambientes, por lo que para su mejoramiento genético se utilizan fuentes de germoplasma adaptadas o locales de una región en particular (De la Cruz *et al.*, 2003); sin embargo, también se puede aprovechar germoplasma exótico para incorporar alelos favorables. El germoplasma exótico refiere a una variedad no adaptada que se introduce a un ambiente principalmente para su uso en mejoramiento (Goodman, 1992); es importante la elección del germoplasma base, tanto el de origen local, como el exótico, con el fin de conjugar los atributos deseables en el proceso de mejoramiento.

Una alternativa para lograr mayor producción por medio de los programas de mejoramiento es la hibridación, que se entiende como el aprovechamiento de la generación F<sub>1</sub> proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones. Una de las ventajas es que, el híbrido tiene mayor vigor que sus progenitores (Márquez, 1988).

La mayor parte de las variedades comerciales más productivas en México se han obtenido por hibridación de progenitores derivados de maíces del tipo cilíndrico-dentados, representados en la Costa del Pacífico, por la raza Vandeño y en la Costa

Oriental por la raza Tuxpeño. Por lo tanto, se puede conseguir un progreso en el mejoramiento desarrollando líneas que en su genealogía presentan germoplasma proveniente de estos materiales (Wellhuasen *et al.*, 1951). La generación de líneas endogámicas de maíz es uno de los procesos necesarios previos a la formación de híbridos; el fenómeno del vigor híbrido se presenta con su mayor intensidad cuando los progenitores son homocigóticos, partiendo del hecho de que la heterocigosis es lo deseable en los híbridos (Márquez, 1988).

Otra de las razas de mayor impacto en la producción del maíz es el Dentado de la Faja Maicera de EEUU que constituye la base genética de los híbridos modernos de maíz en EEUU; esta raza es el resultado de la recombinación genética entre los “*Northern Flints*” (cristalinos del norte) y los “*Southern Dents*” (dentados del sur) (Brown y Anderson, 1948). Los dentados del sur, a su vez, se han considerado como resultado de la dispersión desde México y muestran afinidades especiales con el cilíndrico dentado Tuxpeño de la costa oriental de México (Wellhuasen *et al.*, 1951) y el cristalino del norte proviene de la región de Nueva Inglaterra (Wallace y Brown, 1956).

Los datos muestran que “*Northern Flint*” y “*Southern Dent*” se encuentran entre las variedades nativas de maíz isoenzimáticamente más divergente, lo que pudiese ser la razón de su heterosis (Doebly *et al.*, 1988). A partir de este germoplasma se desarrollaron las variedades “*Lancaster*” y “*Reid*” que representan al resultado de la históricamente importante combinación de cristalino del norte y dentado del sur. “*Lancaster*” representa la contribución de cristalino y “*Reid*” representa al maíz dentado (Baker, 1984). De hecho “*Lancaster*” y “*Reid*” representan a dos fuentes de germoplasma con divergencia genética entre ellos que permite un mejor desempeño del cultivo en forma de cruzamientos con una mayor heterosis.

Se ha recomendado el uso de germoplasma tropical y subtropical para el mejoramiento de maíz templado a fin de ampliar la base genética de los progenitores de mejoramiento genético (Ortiz *et al.*, 2010). Por otro lado, el uso de germoplasma de maíz templado en el mejoramiento de maíz tropical ha sido difícil debido a problemas de

adaptación y falta de buena documentación (Goodman, 1999). Algunas investigaciones como Vasal *et al.* (1992); Nelson y Goodman (2008) encontraron que algunos materiales de origen tropical y del subtrópico tienen potencial para aportar a el mejoramiento de maíz en EEUU, lo cual se ha documentado como la utilización de germoplasma exótico. Con ese mismo enfoque se puede plantear el aprovechamiento de manera recíproca, es decir, materiales templados para el mejoramiento de maíz subtropical.

Tanksley y Nelson (1996) propusieron un método de retro cruza para introducir características deseables de germoplasma exótico a cultivares élite. Ellos recomiendan que para la eliminación de características no deseables se aplique selección visual durante las formación de las poblaciones por retro cruza. De esta manera, en programas de mejoramiento de maíz en los trópicos, se pudiera acrecentar la base germoplásmica recombinando líneas GEM de EEUU que tienen alelos únicos en líneas tropicales con las que se podría mejorar la heterosis y los efectos aditivos en los rendimientos de grano (Wen *et al.*, 2012).

El procedimiento en los programas de mejoramiento para el desarrollo de híbridos, es importante la integración del germoplasma y su dirección en los pasos que deben seguirse en la evaluación de líneas para aptitud combinatoria general y específica, y en la predicción del comportamiento en cruza usando datos provenientes de híbridos simples (Vasal *et al.*, 1997). Este procedimiento requiere más tiempo y recursos económicos.

Sin embargo existen otros métodos para la selección de líneas; el uso de probadores es una estrategia para minimizar recursos y tiempo en la generación de híbridos. Los fito mejoradores que utilizan esta metodología dirigen sus cruzamientos a partir de grupos heteróticos; así un programa de mejoramiento genético de maíz basado en grupos heteróticos es fundamental para dar orden a la formación de híbridos, permite orientar la introducción de germoplasma y sistematizar el trabajo en la evaluación de las progenies seleccionadas (Ramírez *et al.*, 2007).

Un mestizo es la progenie de la cruce entre una línea y una población probadora o probador; y es común obtener y evaluar los mestizos de una serie de líneas como auxiliar en el descarte de las líneas endogámicas para evitar tener que llevar a generaciones avanzadas gran número de líneas e identificar las mejores combinaciones que pudiesen ser promisoras para la formación de híbridos, o bien, recurrir a la semilla remanente para continuar con su proceso endogámico (Márquez, 1988).

La introducción de material genético de regiones diferentes a la del lugar del programa de mejoramiento genético (germoplasma exótico) ha sido realizada por varios investigadores, tal y como lo describen Uhr y Goodman (1995); Holland (2004); Tarter *et al.* (2004); Nelson y Goodman (2008); esto puede incrementar la heterosis en las nuevas combinaciones, resultado de la diversidad genética del germoplasma y obteniendo a su vez mayores rendimientos. Además, el germoplasma exótico tiene alelos únicos que pudieran ampliar la fuente de genes que otorgan resistencias a enfermedades y al desempeño agronómico. Goodman *et al.* (2000), sugieren que la evaluación de cruzas (templado x tropical) son competitivas con los híbridos comerciales. Tallury y Goodman (1999) indican que en las zonas tropicales, la evaluación agronómica entre cruzas de maíz templado y tropical podría proveer información de interés al realizar cruzamientos entre estas dos fuentes de germoplasma para el mejoramiento genético de maíz híbrido.

El desafío es que el maíz en el subtrópico tiene algunas desventajas agronómicas, como bajo potencial de rendimiento, susceptibilidad al acame y madurez tardía. Con base en lo anterior, los fitomejoradores seleccionan los materiales que se adapten mejor de acuerdo a las características de interés, como mayores rendimientos, tolerancia a las enfermedades, precocidad y menor porte de planta; así, el enfoque de esta investigación es utilizar el germoplasma exótico como una alternativa para acrecentar el potencial productivo del maíz subtropical.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Valorar el potencial que tiene la incorporación de alelos diferentes del germoplasma templado de la Faja Maicera de Estados Unidos al maíz subtropical de México, conservando su valor genético y mejorando su desempeño agronómico.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Evaluar mestizos (línea x probador) para conocer el rendimiento y características agronómicas de mestizos generados con líneas S<sub>3</sub> con 25 % de material exótico templado -- 75 % subtropical con base en los grupos heteróticos determinados.

Identificar el potencial de las líneas a partir de sus cruzas con el probador y proponerlas como promisoras para su posterior evaluación y formación de futuros híbridos en el subtrópico.

## **1.3. Hipótesis**

El germoplasma de maíz de origen templado con alelos favorables y grupos heteróticos definidos puede aportar características agronómicas para acrecentar el potencial productivo del maíz subtropical.

Con la formación de mestizos (línea x probador) y posterior evaluación se puede realizar una clasificación de las líneas en el grupo heterótico correspondiente de acuerdo a su comportamiento con el probador subtropical.

Inferir con mayor certeza las combinaciones a evaluar para la formación de futuros híbridos en el subtrópico.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Heterosis

La heterosis o vigor híbrido es una de las bases del mejoramiento genético por hibridación. Este fenómeno fue observado por primera vez en 1871 por Darwin (Wallace y Brown, 1956) y se define como la complementación de loci génicos dominantes como consecuencia de la aportación hecha por dos progenitores al cruzarse (Márquez, 1988). El incremento de tamaño y vigor de híbridos entre variedades y especies ha sido conocido por siglos; como ejemplo, el híbrido *luxuriance* se encontró en cruzas entre dos especies: *Datura stramonium* y *D. tatula* en las cuales los híbridos fueron dos veces más altos que cualquiera de sus progenitores (Crow, 1998).

El planteamiento para producir híbridos de maíz fue desarrollado por Shull en 1910, que señala que desarrollando líneas por autopolinización y luego producir cruzamientos entre dos líneas endogámicas, la progenie resultante  $F_1$  (híbrido de primera generación) muestra un rendimiento superior a la población original; este fenómeno se conoce en genética con el nombre de heterosis. (Márquez, 1988).

La heterosis es complementaria al fenómeno de la depresión endogámica que se define como la segregación de los loci génicos dominantes del híbrido en las generaciones filiales (Márquez, 1988). Cuando se cruzan las líneas endogámicas, la progenie muestra un incremento de los atributos que sufrieron previamente una reducción por la endogamia (Falconer, 1990). Márquez (1988) define a la hibridación como método genotécnico en las plantas, que consisten en el aprovechamiento de la generación  $F_1$  proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones. Las poblaciones pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, variedades sintéticas o también incluso poblaciones  $F_1$ ; sin embargo, el aumento del vigor híbrido se presenta con su mayor intensidad cuando los individuos cruzados son homocigotos.

La adopción inicial del híbrido fue lenta, pero durante los años 1930 y 1940 casi todos los cultivares de maíz en las principales áreas de producción de los EEUU, eran

híbridos. El interés en los híbridos también estimuló la atención a explicar la base genética de la heterosis y cómo los sistemas genéticos pueden mejorarse para aumentar la expresión de la heterosis (Hallauer, 2011).

El cruzamiento de líneas endogámicas para producir híbridos juega un gran papel en el mejoramiento de algunas plantas, más notablemente en el maíz. Un híbrido mejorado debe comportarse bien en un rango de ambientes diferentes asociados con distintos años y localidades. El propósito del cruzamiento aplicado es producir individuos  $F_1$  superiores, si las dos poblaciones base difieren en frecuencias génicas, la cruce entre ellas mostrará heterosis (Falconer, 1990).

Wellhausen (1965) señala que las razas de maíz del oeste y sur de México pueden tener valor para contribuir al mejoramiento de los dentados de la faja maicera o de los dentados de México en la Costa del Golfo. La cruce interracial Harinoso de Ocho  $\times$  Tuxpeño exhibe una considerable heterosis, con rendimiento semejante al del híbrido H507 en Veracruz. También se ha encontrado que Tuxpeño es un excelente combinador, no sólo con los costeros tropicales y los cristalinos cubanos "*Cuban Flints*", sino también con la variedad sintética Eto de Colombia.

En ambientes subtropicales, cruces entre "*Pool*" 30 (subtropical de grano dentado amarillo y precoz)  $\times$  población 46 (templado amarillo cristalino), población 48 (Compuesto de Hungría) y "*Pool*" 27 (subtropical de grano blanco cristalino y precoz) mostraron heterosis para rendimiento de grano (Vasal *et al.*, 1992).

## **2.2. Divergencia genética**

A través de años de mejoramiento poblacional, se ha ido incrementando el potencial de producción del cultivo de maíz con el objetivo de obtener características de interés para los agricultores. Las características de mayor interés, además de obtener mayores rendimientos, son la precocidad, menor altura y resistencia a enfermedades. Con base en esto, los fitomejoradores buscan alternativas para incorporar alelos adicionales

favorables para aumentar la producción; este es el propósito de la incorporación de germoplasma exótico.

La introducción directa de maíces de zonas templadas a los trópicos no ha sido del todo exitosa, principalmente por su mayor susceptibilidad a enfermedades y a insectos. Wellhausen (1965) señala que se puede hacer cruza entre el maíz de la faja maicera y los trópicos utilizando 25 % de material exótico; esto sugiere una manera factible de aportar genes favorables al maíz templado utilizando materiales no relacionados para obtener heterosis.

Tallury y Goodman (1999) indican que las líneas endogámicas que contienen germoplasma tropical no sólo son una fuente útil para expandir la diversidad genética de los híbridos comerciales de maíz, sino que también son competitivas en cruza con materiales templados, produciendo híbridos de alto rendimiento; así, el germoplasma tropical ha sido propuesto como una fuente para ampliar la diversidad genética existente en los programas de mejoramiento en EEUU; además, en las zonas tropicales, la evaluación agronómica entre cruza de maíz templado y tropical podría proveer información de interés al realizar cruzamientos entre estas dos fuentes de germoplasma para el mejoramiento genético de maíz híbrido.

La selección recurrente, el cruzamiento de prueba y los métodos de retrocruzamiento se han utilizado de manera efectiva para adaptar las poblaciones tropicales a ambientes templados; sin embargo, los programas a largo plazo para la introducción, evaluación y adaptación de materiales tropicales en ambientes moderados son limitados (Hallauer y Carena, 2014).

La experiencia de los mejoradores de maíz templado a menudo observan que la heterosis para rendimiento de grano aumenta cuando se cruza con germoplasma tropical; debido a esto, los alelos o regiones genómicas favorablemente únicas en el germoplasma de maíz templado también pueden ser útiles en el mejoramiento de maíz tropical; sin embargo, la susceptibilidad a algunos insectos y enfermedades en los

trópicos y la pobre calidad del grano y adaptación del germoplasma templado sugieren que se requiere un programa de mejoramiento a largo plazo (Wen *et al.*, 2012).

Al respecto, Wen *et al.* (2012) señalan que al incorporar líneas exóticas de la faja maicera con alelos diferentes y grupos heteróticos definidos, se podría mejorar la respuesta heterótica para rendimiento de grano en el germoplasma subtropical.

Mickelson *et al.* (2001) mencionan que la introgresión de germoplasma exótico podría incrementar la heterosis en poblaciones de maíz y encontraron en su estudio de cruza entre germoplasma templado y subtropical, heterosis con respecto al mejor progenitor. La mejor combinación heterótica involucró a la población 44 (subtropical) y BSSS (*Stiff Stalk*) (templado). Las poblaciones 44 y 42 se comportaron bien fuera de su zona ecológica, debido en parte al uso de mejoramiento intrapoblacional haciendo énfasis en amplia adaptación, indicando su potencial para beneficiar a los programas de mejoramiento en otros ambientes.

Wen *et al.* (2012) indican que el germoplasma exótico templado puede proporcionar alelos deseables para mejorar la línea y la población debido a las grandes diferencias alélicas observadas entre materiales generados por el proyecto GEM (templado de EEUU) y CML's (líneas desarrolladas por el CIMMYT); además, ambos tipos de germoplasma contienen alelos específicos que en conjunto podrían implicar una mejora mutua. Con base en datos SNP, la divergencia genética mostrada entre los grupos heteróticos (tipos "A" y "B") dentro de CML's no es tan grande como la divergencia entre las líneas GEM "*Stiff Stalk*" y "*Non Stiff Stalk*" que contienen 50 o 75 % de germoplasma templado-

Hallauer y Carena (2012) concluyeron que las poblaciones con 25 o 100 % de germoplasma tropical fueron competitivas con respecto a las poblaciones de Iowa en las que se han basado los programas de selección recurrente a largo plazo a nivel local y que fueron las poblaciones fuente de varias líneas endogámicas liberadas durante los últimos 60 años. Las poblaciones con germoplasma tropical presentan la madurez

adecuada y comportamiento agronómico aceptable para tener potencial como fuentes alternativas de germoplasma para ambientes templados.

### **2.3. Formación de mestizos**

En épocas pioneras a los cruzamientos entre las líneas y los probadores se les llamó “*Top crosses*” y se les ha llamado en español mestizos, posiblemente porque al cruzar las líneas (de bajo rendimiento, vigor, altura, etc.) con la población de la cual provenían se “mejoraba” la progenie, lo que está implicado en la definición del término mestizo (Márquez, 1988).

Para formar el tipo de genotipos deseados es necesario que en los programas de mejoramiento genético de maíz se identifique a las mejores líneas que al participar en combinaciones híbridas puedan dar el tipo de planta de interés. Entre los métodos factibles para la elección de líneas superiores se tiene el de mestizos (línea x probador) (Reyes y Molina, 1982).

El uso de probadores se ha propuesto como una herramienta para medir la Aptitud Combinatoria General (ACG) de una línea, a diferencia de la evaluación *per se* de líneas que si bien omite el realizar cruzamientos, su buen comportamiento *per se* no garantiza buenas combinaciones híbridas (Gama y Hallauer 1977). El uso de un probador depende del objetivo del programa; si el propósito de seleccionar líneas a través de mestizos con un probador es para mejoramiento poblacional (selección recurrente), entonces el probador indicado, de acuerdo con Lonquist (1968), será la población original; si el propósito es la obtención de híbridos a través del proceso tradicional, entonces parecería adecuado el uso de un probador no emparentado. El probador aporta la mitad del contenido genotípico de cada mestizo o cruce probadora, y mientras mejor sea el probador las cruces reflejarán más el potencial de éste que el de las líneas (Márquez, 1988).

La selección visual es importante para seleccionar genotipos resistentes a plagas y enfermedades, para eliminar aquellos que tengan defectos morfológicos fácilmente

apreciables como acame, mazorcas caídas, plantas tardías, plantas excesivamente altas, etc., ya que una selección de este tipo es necesaria para garantizar hasta cierto punto una menor problemática agronómica y económica en la producción comercial de semilla híbrida (Gamma y Hallauer 1977).

Un trabajo que relaciona la prueba temprana con la selección es el que hicieron Wellhausen y Wortman (1954), quienes partieron de líneas  $S_1$  seleccionadas previamente por medio de mestizos con probadores no relacionados, hasta obtener familias de líneas  $S_3$ .

Al presente, la evaluación *per se* es muy útil en la fase temprana de la formación de líneas, puesto que siempre al final, éstas deberán ser evaluadas por su ACG mediante probadores. De hecho, esta es la forma actual cuando se forman líneas por autofecundación cuyo propósito final es utilizarlas como parentales de algún híbrido.

## **2.4. Grupos heteróticos**

Los grupos heteróticos son definidos como un grupo de genotipos relacionados o no relacionados que pertenecen a la misma o a diferentes poblaciones. El término patrón heterótico refiere a un específico par o dos grupos heteróticos, los cuales al cruzarse expresan alta heterosis y consecuentemente alto desempeño híbrido en sus cruzas. El concepto de patrones heteróticos incluye la subdivisión del germoplasma disponible en un programa de mejoramiento en al menos dos poblaciones divergentes (Reif *et al.*, 2005).

Los patrones heteróticos tienen un fuerte impacto en el mejoramiento de cultivos porque predeterminan en gran medida el tipo de germoplasma usado por un largo periodo de tiempo (Reif *et al.*, 2005). Muchos programas de mejoramiento de maíz en los trópicos, dedicados a la producción de híbridos, especialmente en América Latina, están trabajando en el aumento del potencial de rendimiento de sus híbridos mediante una explotación más completa del patrón heterótico cristalino x dentado (Wellhausen, 1978). Así, si dos poblaciones son divergentes, incrementa la probabilidad de aportación

de alelos favorables que no están presentes en las variedades locales, de esta manera se busca cruzar dos poblaciones de grupos heteróticos diferentes para identificar híbridos superiores.

Vasal *et al.* (1994) mencionan que las poblaciones 21 (Tuxpeño) y 32 (Eto blanco) presentan comportamiento heterótico complementario y se están mejorando mediante un sistema de mejoramiento interpoblacional modificado; también indican que Tuxpeño combina bien con los maíces Cubanos Cristalinos.

En un estudio de evaluación de cruzamientos entre poblaciones de diferentes razas de maíz, Crossa *et al.* (1990) encontraron que Maíz Dulce muestra heterosis con razas occidentales como Reventador, Harinoso de Ocho y Jala; con razas de elevaciones intermedias como Celaya y Comiteco y con la raza Tuxpeño. También sus resultados muestran una heterosis excepcional de Cacahuacintle con Reventador y Harinoso de Ocho.

Los patrones heteróticos ganaron reconocimiento con la llegada de cruza simples comerciales en la faja maicera de EEUU a mediados de los 60, una vez que los parentales femeninos que podían producir cantidades de semilla suficiente para cubrir la demanda comercial con el uso de cruza simples. Esta transición a híbridos de cruza simple fue facilitada por las líneas B14, B37 y B73 desarrolladas en la universidad estatal de Iowa a partir de la población "*Stiff Stalk Synthetic*" (BSSS) y sus versiones mejoradas por selección recurrente. Debido al rendimiento de semilla de esas líneas y de sus combinaciones, se convirtieron en los progenitores femeninos de elección (Tracy y Chandler, 2006).

Las líneas que combinaban bien con BSSS fueron colocadas en el grupo de progenitores masculinos. Así, el grupo femenino es llamado "*Stiff Stalk*" (SS) y el grupo masculino "*Non-Stiff Stalk*" (NSS) (Duvick *et al.*, 2004). Muchas fuentes de germoplasma fueron usados para establecer progenitores masculinos en el sector público como las líneas derivadas de "*Lancaster*": C103, C123, MO17 y OH43 (Reif *et al.*, 2005).

El maíz dentado de la faja maicera forma parte de la historia de maíz híbrido, esta raza se originó por cruza de líneas derivadas de variedades de polinización libre (OPV) “*Reid Yellow Dent*” (*Reid*) con líneas derivadas de “*Lancaster Surecrop*” (*Lancaster*), otra OPV. *Reid* fue desarrollado en Illinois y Iowa y principalmente era en su mayoría proveniente del Dentado de Sur de México (Reif *et al.*, 2005).

La importancia de “*Reid*” y “*Lancaster*” fue reconocida mucho más temprano (Anderson, 1944). Es probable que a partir del cambio a cruza simple comerciales en 1960’s, la importancia de “*Reid*” (Wf9, B14, B37) y de “*Lancaster*” (C103, C123, Oh43, Mo17) tomó mayor sentido, y el concepto de patrón heterótico se hizo más tangible y de aplicación cotidiana. B73 × Mo17, la cruza simple más importante de 1970 y 1980 probablemente jugó un papel importante en la historia de la hibridación (Tracy y Chandler, 2006).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica y temporal del estudio

El estudio se llevó a cabo en las dos estaciones del año; primeramente, la fase de derivación de líneas tuvo lugar en el ciclo otoño-invierno en la estación experimental del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en la localidad de Agua Fría, Puebla, con ubicación geográfica que corresponde a las coordenadas 97° 38' 24" de longitud oeste y 20° 27' 00" de latitud norte, a 100 msnm y con una temperatura media anual de 24°C. El ciclo primavera-verano se estableció en la estación experimental de CIMMYT de Tlaltizapán, Morelos, con coordenadas geográficas de 99° 07' 48" longitud oeste y 18° 40' 48" de latitud norte, a 940 msnm, y con una temperatura media anual de 21°C (INEGI, 2018).

Los ensayos de evaluación se establecieron durante el ciclo primavera-verano de 2017 en la estación experimental de CIMMYT-Tlaltizapán en Morelos, en el estado de Guanajuato se establecieron en las localidades de Juventino Rosas (20° 38' 11"N; 100° 59' 24"O, 1735 msnm, con una temperatura media anual de 19°C), Valle de Santiago (20° 23' 38"N; 101° 11' 34"O, 1744 msnm y con temperatura anual de 19°C), la estación experimental Roque-INIFAP localizada en Celaya (20° 34' 53"N; 100° 49' 41"O, 1722 msnm y temperatura media anual de 18°C) y en Michoacán se establecieron las localidades Álvaro Obregón (19° 49' 59"N; 101° 04' 59"O, 1900 msnm) y Copándaro (19° 52' 54"N; 101° 11' 40"O, 1900 msnm), ambas con temperatura media anual de 18°C (INEGI, 2018).

En el Cuadro 1 se describe la cronología de actividades realizadas desde el establecimiento de las poblaciones hasta la evaluación de los ensayos de rendimiento.

Cuadro 1. Cronología de las actividades realizadas.

Ciclo	Actividades realizadas
P-V Tlaltizapán 2014-14	Obtención de cruzas: subtropical x templado (exótico)
O-I Agua Fría 2014-15	Retrocruza hacia progenitor subtropical
P-V Tlaltizapán 2015-15	Establecimiento de las poblaciones (75% subtropical-25% templado en viveros de selección y derivación de líneas S <sub>1</sub> )
O-I Agua Fría 2015-16	Siembra de S <sub>1</sub> , selección por pedigrí y derivación de líneas S <sub>2</sub>
P-V Tlaltizapán 2016-16	Siembra de S <sub>2</sub> , selección por pedigrí y derivación de líneas S <sub>3</sub>
O-I Agua Fría 2016-17	Formación de mestizos
P-V 2017-17	Evaluación de mestizos en ensayos de rendimiento

P-V= primavera, verano; O-I= otoño, invierno.

### 3.2. Selección de germoplasma

Como germoplasma exótico en esta investigación se utilizó al maíz de origen templado de la Faja Maicera; se cruzó una línea exótica con una línea subtropical y posteriormente se realizó una retrocruza con el material subtropical para formar las poblaciones, así se obtuvieron poblaciones con 25 % de germoplasma exótico y 75 % subtropical; formaron dos grupos de poblaciones con referencia a un patrón heterótico, las del grupo “A” (Tuxpeño con grano dentado blanco) similar a “Reid” del patrón “**Stiff Stalk Synthetic**” en la faja maicera, “Reid” como fuente clásica, y las del grupo heterótico “B” (No tuxpeño de grano cristalino) similar a “Lancaster” referidas de manera genérica como “**Non Stiff Stalk Synthetic**” de la faja maicera, “Lancaster” como fuente clásica; y ETO corresponde a ese grupo (CIMMYT, 1998). La descripción se resume en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Líneas élite utilizadas para la formación de poblaciones con 25 % de germoplasma exótico.

Código Línea	Institución	Fuente de germoplasma	Grupo heterótico
CML311	CIMMYT, Int-Subtropical	Pob500	"A"
PHW52	Pionner Hi-Bred	B73	SS
CML380	CIMMYT, Int-Subtropical	Pob501	"A"
CML373	CIMMYT, Int-Subtropical	Pob43	"A"
PHHB9	Pionner Hi-Bred	B73	SS
CML380	CIMMYT, Int-Subtropical	Pob501	"A"
CML264	CIMMYT, Int-Tropicos	Pob21	"A"
PHHB9	Pionner Hi-Bred	B73	SS
CML549	CIMMYT, Int- Latin Am. Trópicos	Pob21	"A"
CL106951	CIMMYT, Int-Subtropical	Pob43	"B"
LH181	Holden, Inc. Williamsburg Iowa	Mo17	NSS
CML384	CIMMYT, Int-Subtropical	Pob502	"B"
CML444	CIMMYT, Int - Africa ST	Pob43	"B"
LH213	Holden, Inc. Williamsburg Iowa	Mo17	NSS
CL106951	CIMMYT, Int-Subtropical	Pob43	"B"
CML376	CIMMYT, Int-Subtropical	SLWHG	"B"
MM501D	Dekalb-Genetics	OH43/Mo17	NSS
CML384	CIMMYT, Int-Subtropical	Pob502	"B"

SS= "**S**tiff **S**talk **S**ynthetic", NSS= "**N**on **S**tiff **S**talk **S**ynthetic", "A" = Tuxpeño, grano blanco dentado, "B" = No Tuxpeño, grano cristalino (CIMMYT, 1998).

En general, las líneas con las que se formaron las poblaciones y que a continuación se describen, presentan cierto grado de resistencia a la roya común causada por *Puccinia sorghi*, el tizón de la hoja o el tizón de la hoja de maíz del norte causado por *Exserohilom turcicum* y pudrición de la mazorca causada comúnmente por *Diplodia* spp., *Fusarium* spp. o *Gibberella* spp. Las poblaciones CML311/PHW52//CML380, CML373/PHHB9//CML380 y CML264/PHHB9//CML549 pertenecen al grupo heterótico "A" y las poblaciones CL106951/LH181//CML384, CML444/LH213//CL106951 y

CML376/MM501D//CML384 al grupo “B”, de acuerdo con la clasificación de grupo heterótico del CIMMYT.

1. Población CML311/PHW52//CML380: está compuesta por dos líneas CML's del CIMMYT de origen subtropical y de madurez tardía, la línea CML311 tiene grano de endospermo blanco semi cristalino, la fuente de germoplasma es la Población 500 de origen subtropical y grano blanco dentado, madurez intermedia y buen desempeño agronómico. La CML380 de grano blanco cristalino deriva de la Población 501 de origen subtropical y grano blanco semidentado, presenta buen desempeño *per se* (CIMMYT, 1998). La línea exótica PHW52 pertenece a la compañía Pioneer Hi-Bred y es derivada de la línea B73, por lo cual pertenece al patrón “**Stiff Stalk Synthetic**”, su endospermo es de color amarillo.
2. Población CML373/PHHB9//CML380: compuesta por la línea CML373 de ciclo de madurez intermedio y grano blanco dentado, deriva de la Población 43 conocida como La Posta, la cual es un sintético tuxpeño compuesto de 16 líneas, es de grano blanco dentado, porte alto de planta y madurez tardía con un alto potencial de rendimiento; la línea CML380 es de ciclo de madurez tardío y su grano es blanco cristalino, derivada de la Población 501. (CIMMYT, 1998). El material exótico PHHB9 derivada de la línea B73 pertenece a Pioneer Hi-Bred del grupo heterótico “**Stiff Stalk Synthetic**”, con grano dentado y endospermo amarillo.
3. Población CML264/PHHB9//CML549: la conforma la línea CML264 de origen tropical de grano blanco cristalino, derivada de la Población 21, conocida como Tuxpeño-1 de grano blanco dentado; su ciclo de madurez es tardío y presenta porte bajo de planta, así como resistencia al gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*); la línea CML549 es de origen tropical de Latinoamérica, de madurez tardía, su grano se clasifica como blanco semi dentado, ésta deriva de la misma manera, de la Población 21 (CIMMYT, 1998). Como germoplasma exótico está la línea PHHB9 que pertenece a Pioneer Hi-Bred del grupo heterótico “**Stiff Stalk Synthetic**”, y deriva de la línea B73.

4. Población CL106951/LH181//CML384: está formada por la línea CL106951, la cual es de origen subtropical con endoespermo blanco, su fuente de germoplasma es la Población 43 (La posta) la cual es un sintético tuxpeño compuesto de 16 líneas, de grano blanco dentado, porte alto de planta y madurez tardía con un alto potencial de rendimiento; la otra línea subtropical es la CML384, de ciclo tardío de madurez, con grano blanco cristalino, se deriva de la Población 502 de grano blanco semidentado que presenta buen comportamiento *per se* en el subtrópico (CIMMYT, 1998). Como línea exótica está la línea LH181 de la empresa de semilla Holden, Inc., derivada de la línea Mo17 y clasificada como “**Non Stiff Stalk Synthetic**”, su endoespermo es de color amarillo.
  
5. Población CML444/LH213//CL106951: formada por la CML444 del programa África-subtropical, presenta ciclo de madurez tardía y su grano es blanco semi dentado, la línea élite CL106951 fue descrita anteriormente; ambas líneas se derivan de la Población 43 conocida como La Posta (CIMMYT, 1998). Como germoplasma exótico LH213 de la empresa de semilla Holden, Inc., derivada de la línea Mo17 y clasificada como “**Non Stiff Stalk Synthetic**”, su endoespermo es color amarillo.
  
6. Población CML376/MM501D//CML384: la CML376 es de origen subtropical, madurez intermedia y de grano blanco cristalino, derivada de la población SLWHG (datos no conocidos); la segunda fuente subtropical es la CML384 derivada de la Población 502 (CIMMYT, 1998). El material exótico lo conforma la línea MM501D de la compañía Dekalb, derivada de las líneas (OH43/Mo17) del grupo “**Non Stiff Stalk Synthetic**”, su grano es semi dentado con endoespermo amarillo.

### 3.3. Derivación de líneas para adaptación

La selección para adaptación de las poblaciones con 25 % de germoplasma exótico se inició en el ciclo primavera-verano 2015, en la estación experimental de CIMMYT-Tlaltizapán en el estado de Morelos; en esta región las poblaciones fueron establecidas en un vivero de selección donde se realizaron autofecundaciones para la formación de

líneas S<sub>1</sub>, de población se establecieron 15 surcos de 4.5 m de longitud, incluyendo 1 m de calle al final de cada parcela y un espacio entre surcos de 0.80 m.

Las mazorcas de calidad superior provenientes de las plantas más deseables, de buen aspecto y resistencia a enfermedades se seleccionaron para la siguiente generación y se sembraron en un vivero de selección utilizando el método de pedigrí en ciclo otoño-invierno 2015-2016 en la estación experimental de CIMMYT-Agua Fría en Puebla. En esta región el vivero constó de un surco por cada línea S<sub>1</sub> con 2.5 m de longitud, con calles de 1 m al final de cada parcela, el espacio entre surcos fue de 0.80 m y cada entrada fue plantada con 15 semillas. La selección se realizó por dos ciclos más de selección hasta la formación de líneas S<sub>3</sub>.

Las líneas menos deseables se descartaron en las primeras fases del período de mejoramiento, las plantas se seleccionaron con base en aspecto y resistencia a enfermedades tales como la roya común (*Puccinia sorghi*) y el tizon foliar (*Exserohilum turcicum*) que son las enfermedades de mayor interés en la región de estudio.

### **3.4. Formación de mestizos**

Las líneas sobresalientes de cada población fueron cruzadas con un probador del grupo heterótico contrario para formar los mestizos; es decir, las líneas S<sub>3</sub> derivadas de la población del grupo heterótico "A" se cruzaron con un probador del grupo heterótico "B" y las líneas derivadas de la población "B" fueron cruzadas con un probador de grupo "A". Los viveros se establecieron en la localidad de Agua Fría en el ciclo otoño-invierno 2016-2017, sembrando surcos de 5 m de longitud con 1 m de calle y espacio entre surcos de 0.75 m, las líneas S<sub>3</sub> con 25 % de germoplasma subtropical fueron utilizadas como hembra y los probadores como macho. En el Cuadro 3 se muestran los probadores y su origen genético. La línea CSL1653 es derivada de la Pob 500 y Pob 43, del grupo heterótico "A" y la línea CL420801, derivado de la Pob 42, del grupo heterótico "B" grano cristalino ambas de buen comportamiento *per se* en el subtrópico.

Cuadro 3. Líneas probadoras subtropicales en la formación de mestizos.

Código Línea	Genealogía	Grupo heterótico
CSL11653	(ELITEWAF1//CML373/CML311)-DH8-B-B-B	"A"
CL420801	P42c9MH11-3-3-3-1-B-B-B-B-B-B-B-B	"B"

B: Cosechado en masa o montón de las mazorcas autopolinizadas, DH: Doble Haploide.

### 3.5 Evaluación de mestizos

Los mestizos resultantes se evaluaron en dos ensayos de rendimiento, el primero se nombró "17ST1XRA" y se formó a partir de 43 líneas derivadas de las tres poblaciones: CL106951/LH181//CML384, CML444/LH213//CL106951 y CML376/MM501D//CML384 del grupo heterótico "B"; estas líneas fueron cruzadas con un probador para formar los mestizos; como probador se utilizó la línea sobresaliente "CSL1653" del grupo heterótico "A" y se compararon con cuatro testigos subtropicales formados de las líneas progenitoras a partir de las cuales se formó la población: CL106951 × CSL1653, CML376 × CSL1653, CML444 × CSL1653, CML384 × CSL1653 y el testigo comercial Dekalb 2061 de la compañía Monsanto.

Las 48 entradas fueron evaluadas en cinco localidades: Tlaltizapán en el estado de Morelos, Juventino Rosas, Valle de Santiago e INIFAP-Celaya en Guanajuato y Álvaro Obregón en Michoacán.

Los mestizos del segundo ensayo de evaluación, denominado "17ST1XRB", se formaron a partir de las líneas derivadas de las poblaciones CML311/PHW52//CML380, CML373/PHHB9//CML380 y CML264/PHHB9//CML549 del grupo heterótico "A" y se cruzaron con un probador del grupo "B" (CL420801). Para este estudio se formaron 45 mestizos, cinco testigos subtropicales formados de igual manera con los progenitores de las poblaciones: CML311 × CL420801, CML373 × CL420801, CML264 × CL420801, CML380 × CL420801 y CML549 × CL420801, dos testigos sobresalientes de CIMMYT (STH164 y CSTHW10001) y dos testigos comerciales, Dekalb 2061 de la compañía Monsanto Dekalb y P3015W de Pioneer Hi-Bred, teniendo un total de 54 entradas.

El ensayo se evaluó en las localidades de Tlaltizapán, Morelos, Juventino Rosas e INIFAP-Celaya, Guanajuato y Copándaro, Michoacán, evaluando un total de cuatro localidades. En la Figura 1 se muestran los sitios de evaluación donde fueron establecidos los ensayos de rendimiento.

Para los dos ensayos se utilizó un diseño de bloques incompletos con arreglo  $\alpha$ -láctice  $8 \times 6$  para “17ST1XRA” y  $9 \times 6$  para “17XST1XRB” con dos repeticiones. Todas las entradas en cada localidad tuvieron 2 surcos de 4.5 m de longitud con 1 m de calle y espacio entre surcos de 0.75 m. El manejo agronómico se realizó bajo el criterio de cada colaborador en condiciones de riego. En Guanajuato se sembró a una densidad de 90,000 plantas/ha, en Tlaltizapán, Morelos 72,000 plantas/ha y en Michoacán se utilizó una densidad de 80,000 plantas/ha.

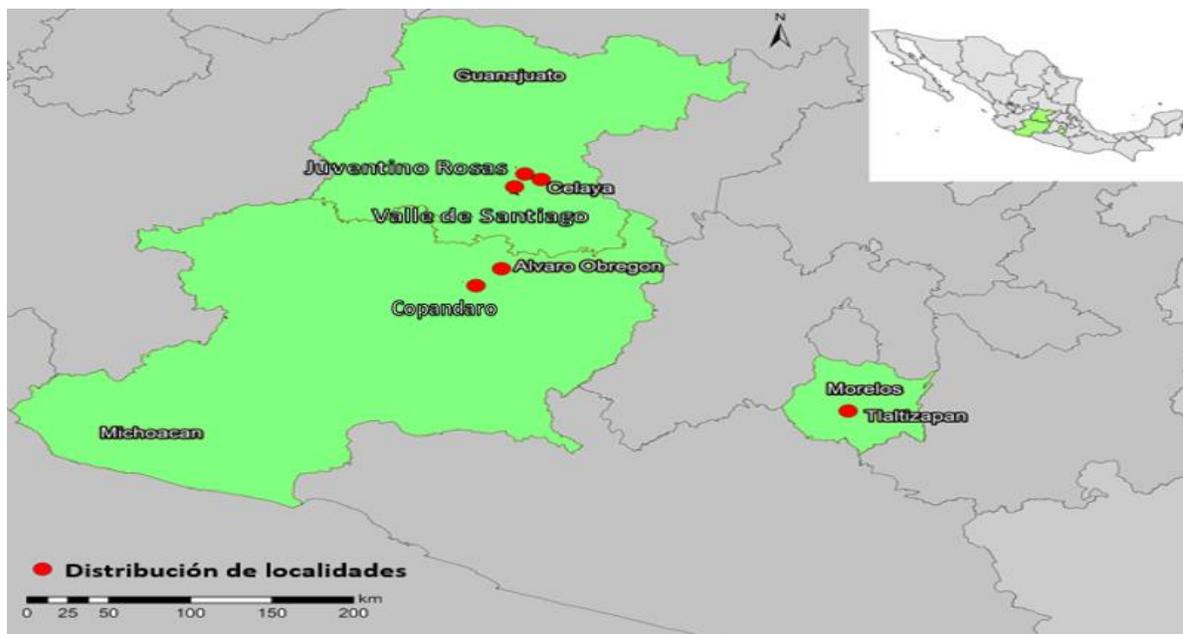


Figura. 1. Distribución geográfica de las localidades de prueba de los ensayos de rendimiento “17ST1XRA” y “17ST1XRB”.

### **3. 6. Variables evaluadas**

#### **3.6.1. Floración masculina**

Se registró como el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en que el 50 % de las plantas de la parcela liberaban polen (CIMMYT, 1985).

#### **3.6.2. Floración femenina**

Se registró como el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50 % de las plantas de la parcela tenían estigmas de 2-3 cm de largo (CIMMYT, 1985).

#### **3.6.3. Altura de planta**

Altura promedio en cm de 5-10 plantas, medidas desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (CIMMYT, 1985).

#### **3.6.4. Altura de la mazorca**

En las mismas 5-10 plantas donde se determinó la altura de planta, se tomó la distancia en centímetros desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta en cm (CIMMYT, 1985).

#### **3.6.5. Acame de raíz**

Los datos se registraron al final del ciclo, justo antes de la cosecha. Se contó el número de plantas con una inclinación de 30 grados o más a partir de la perpendicular en la base de la planta, donde comienza la zona radical (CIMMYT, 1985).

#### **3.6.6. Acame de tallo**

Los datos se registraron al final del ciclo, justo antes de la cosecha. Se registró el número de plantas con tallos rotos abajo de las mazorcas, pero no más arriba (CIMMYT, 1985).

#### **3.6.7. Cobertura de la mazorca**

Se registró el número de mazorcas de cada parcela que antes de la cosecha tuvieron expuesta alguna parte de la mazorca. Esta cifra se convirtió en porcentaje de cobertura deficiente de mazorca, dividiéndola por el número total de mazorcas cosechadas.

#### **3.6.8. Aspecto de la mazorca**

Después de la cosecha, pero antes de tomar una muestra para determinar la humedad, se extendieron las mazorcas frente a cada parcela y se calificaron características tales como daños por enfermedades e insectos, tamaño de la mazorca, llenado de grano y uniformidad de las mazorcas según una escala visual de 1 a 5, donde 1 es óptimo y 5 muy deficiente (CIMMYT, 1985).

#### **3.6.9. Aspecto de la planta**

Los datos se colectaron cuando las plantas estaban aún verdes y ya habían desarrollado por completo las mazorcas. En cada parcela, se evaluó la uniformidad de las plantas, el daño causado por enfermedades e insectos y el acame, según una escala de visual 1 a 5, donde 1 es excelente y 5 deficiente (CIMMYT, 1985).

#### **3.6.10. Número de mazorcas cosechadas**

Se tomó el dato de cantidad total de mazorcas cosechadas, excluyendo las mazorcas secundarias muy pequeñas (molotes).

#### **3.6.11. Número de mazorcas podridas**

En cada parcela se registró el número de mazorcas con incidencia de pudriciones y de grano causadas por *Diplodia* spp., *Fusarium* spp. o *Gibberella* spp.; se expresó en porcentaje en relación con el número total de mazorcas cosechadas.

#### **3.6.12. Peso de campo**

Después de cosechar todas las plantas se registró en kg el peso de las mazorcas con olotes. La cosecha del maíz se realizó hasta que su contenido de humedad estuviera en el rango de 15-25 %. Esto permitió la expresión completa del acame de tallo y de raíz y de las diferencias entre las familias en cuanto a pudriciones de la mazorca; además,

cuando el contenido de humedad es bajo, el grano resulta más fácil de desgranar y los medidores de la humedad funcionan con mayor precisión.

### **3.6.13. Porcentaje de humedad**

Al momento de la cosecha se tomaron 10 mazorcas de cada parcela, desgranando 2 hileras centrales de cada mazorca, se realizó una mezcla del grano obtenido y se determinó el porcentaje de humedad en el momento de la cosecha con un medidor de humedad portátil. En el caso donde se cosechó con máquina, ésta determinó automáticamente el porcentaje de humedad.

### **3.6.14. Rendimiento de grano**

Se estimó con base al peso de campo de cada parcela transformándose de kg por parcela a  $t\ ha^{-1}$  ajustados al 14 % de humedad. En algunas localidades la cosecha se realizó con máquina y en otras la cosecha fue manual, y según el caso, se le restó el porcentaje de peso del olote que oscila entre 18 y 20 % del peso total de la mazorca (CIMMYT, 1985).

## **3.7. Análisis estadístico**

Los datos para cada una de las variables se analizaron usando el paquete estadístico SAS 9.4; se hizo un análisis de varianza combinado a través de localidades utilizando el modelo de  $\alpha$ -látice propuesto por Vargas *et al.* (2013). El análisis para cada variable respuesta se realizó utilizando entradas y localidades como factores de efectos fijos, por lo que la prueba de F para cada factor de variación, incluyendo las interacciones, se hizo utilizando el cuadrado medio del error del modelo general. Se hizo una partición de suma de cuadrados de entradas en suma de cuadrados de mestizos, testigos y testigos vs mestizos; posteriormente, se particionó a los mestizos en poblaciones y mestizos dentro de poblaciones.

El modelo de  $\alpha$ -látice es mostrado a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + B_k(R)_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Efecto del i-ésimo tratamiento de la j-ésima repetición del k-ésimo bloque

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento

$R_j$  = efecto de la j-ésima repetición

$B_k(R)_j$  = efecto del k-ésimo bloque dentro de la j-ésima repetición

$\epsilon_{ijk}$  = error experimental

Las fuentes de variación y grados de libertad de acuerdo al modelo propuesto se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Fuentes de variación y grados de libertad para el diseño alfa látice.

Fuentes de variación	grados de libertad
Repeticiones (R)	r-1
Bloques (Ajustados) B/R	r(k-1)
Tratamientos (T)	t-1
Residual (Error intrabloque)	(rt-1)-[(t-1)+ r(k-1) + (r-1)]
Total	(rt-1)

r: número de repeticiones, k: número de bloques dentro de repetición, t: número de tratamientos.

Para la comparación de medias de las variables respuesta se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), el criterio de esta prueba es encontrar diferencias entre pares de medias (Steel y Torrie, 1980), calculándose como sigue:

$$DMS = t_{\alpha/2} * \sqrt{2CME/r}$$

Donde:

$t_{\alpha/2}$  = valor de t en tablas con los grados de libertad del error y un área derecha de  $\alpha/2$ .

CME = varianza o cuadrado medio del error.

r = número de repeticiones.

Se calcularon los coeficientes de variación (CV) en porcentaje, de la siguiente manera:

$$CV = (\sigma / \bar{x}) \times 100$$

Donde:

$\sigma$  = desviación estándar o  $\sqrt{CME}$

$x$  = media general.

Las variables registradas en porcentajes se transformaron por el método de la raíz cuadrada  $\sqrt{x+1}$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza combinado para la variable rendimiento de grano de la evaluación agronómica de los mestizos de líneas  $S_3$  derivadas de las poblaciones con 25 % de germoplasma templado del grupo heterótico "B" se muestran en el Cuadro 5, donde se observan diferencias altamente significativas entre las localidades ( $P \leq 0.001$ ), esto era de esperarse debido a las diferentes condiciones ecológicas de cada región; de la misma manera, entre las entradas ( $P \leq 0.01$ ) y entre los mestizos anidados en población se tienen diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Entre las fuentes de variación de mayor interés, se observó la mayor variabilidad entre los mestizos anidados dentro de poblaciones.

En lo que respecta a la interacción con ambientes; en general, no hubo diferencias significativas para el germoplasma evaluado (mestizos, poblaciones y mestizos anidados dentro de poblaciones), lo que cual sugiere que los materiales genéticos presentaron un comportamiento comparativamente similar en las diferentes condiciones agroecológicas. El contraste mestizos vs testigos y su interacción por localidades, muestra que no hubo diferencias significativas entre ellos; estos resultados indican que los mestizos tienen un comportamiento similar al de los testigos a través de los ambientes evaluados.

Cuadro 5. Análisis de varianza para rendimiento de grano de la evaluación de mestizos con líneas S<sub>3</sub> derivadas de poblaciones con 25% de germoplasma templado del grupo heterótico “B”.

Fuente de Variación	gl	Cuadrados Medios
Localidades	4	509.82***
Repeticiones/Localidades	5	3.14
Bloques/Repeticiones x Localidades	70	4.61***
Entradas †	47	4.03**
Mestizos ‡	42	3.53
Poblaciones	2	1.14
Mestizos/Poblaciones	40	3.77*
Testigos	4	3.18
Testigos vs Mestizos	1	1.23
Entradas x Localidades	188	2.88
Mestizos x Localidades	168	2.83
Poblaciones x Localidades	8	4.57
Mestizos/Poblaciones x Localidad	160	2.63
Testigos x Localidades	16	4.72**
Testigos vs Mestizos x Localidades	4	5.23
Error	160	2.34
C.V. (%)		13.48
Media		11.35
DMS ( $\alpha=0.05$ )		1.38

\*, \*\*, \*\*\*: Significancia a  $P \leq 0.05$ ,  $P \leq 0.01$  y  $P \leq 0.001$ , respectivamente; †: Entradas: partición de suma de cuadrados en Mestizos, Testigos y Testigos vs Mestizos; ‡: Mestizos: partición de suma de cuadrados en Poblaciones y Mestizos anidado en Poblaciones.

En el análisis de varianza correspondiente al rendimiento de grano de los mestizos de líneas S<sub>3</sub> derivadas de las poblaciones con 25 % de germoplasma templado del grupo heterótico “A” se muestran el Cuadro 6. El análisis combinado a través de ambientes muestra diferencias altamente significativas entre localidades ( $P \leq 0.001$ ) y para las fuentes de variación e interacciones relacionadas con material genético hubo diferencias significativas. Para rendimiento de grano, la fuente de variación Poblaciones muestra una mayor variabilidad con respecto a las diferencias entre Mestizos y entre Mestizos anidados en las poblaciones; esto puede deberse a que la selección entre las poblaciones pudiera ser más importante para la determinación de los mejores mestizos que la selección de mestizos dentro de cada población.

La significancia estadística altamente significativa ( $P \leq 0.001$ ) para la interacción con los ambientes, indica que estas poblaciones no tuvieron un comportamiento comparativamente consistente entre los ambientes subtropicales para rendimiento; en un estudio realizado por Pérez *et al.* (2002) en la evaluación de diez razas de maíz con varias generaciones de selección para adaptación a clima templado en el Estado de México, encontraron que Tuxpeño presentó menor adaptabilidad; sin embargo, en otro estudio de evaluación de Tuxpeño Crema 1, este material se adaptó a las condiciones climáticas templadas en los primeros cuatro ciclos de selección. El contraste mestizos vs testigos y su interacción por localidades, muestra diferencias significativas entre ellos; estos resultados indican que los mestizos se desempeñan de manera diferente a los testigos.

Cuadro 6. Análisis de varianza de la evaluación de mestizos con líneas S<sub>3</sub> derivadas de poblaciones con 25% de germoplasma templado del grupo heterótico “A” (ensayo 17ST1XRB) para rendimiento de grano. Cuatro localidades, ciclo PV 2017.

Fuente de Variación	gl	Cuadrados Medios
Localidades	3	392.74***
Repeticiones/Localidades	4	2.30
Bloques/Repeticiones x Localidades	64	1.09
Entradas <sup>†</sup>	53	4.10***
Mestizos <sup>‡</sup>	44	3.83***
Poblaciones	2	20.02***
Mestizos/Poblaciones	42	2.75***
Testigos	8	5.55***
Testigos vs Mestizos	1	70.42***
Entradas x Localidades	159	1.96***
Mestizos x Localidades	132	1.76***
Poblaciones x Localidades	6	5.61***
Mestizos/Poblaciones x Localidades	126	1.52**
Testigos x Localidades	24	2.81**
Testigos vs Mestizos x Localidades	3	10.04**
Error	149	0.96
C.V. (%)		9.55
Media		10.28
DMS ( $\alpha=0.05$ )		0.99

\*, \*\*, \*\*\*: Significancia a  $P \leq 0.05$ ,  $P \leq 0.01$  y  $P \leq 0.001$ , respectivamente; †: Entradas: partición de la suma de cuadrados en Mestizos, Testigos y Testigos vs Mestizos; ‡: Mestizos: partición de la suma de cuadrados en Poblaciones y Mestizos anidados en Poblaciones.

#### 4.2. Evaluación de poblaciones con 25 % de germoplasma exótico

En el ensayo 17ST1XRA, grupo heterótico “B”, la comparación se realizó con el testigo comercial Dekalb 2061 y los testigos subtropicales. Los resultados muestran un comportamiento similar de los promedios de mestizos agrupados por población con respecto a los testigos subtropicales para las variables respuesta consideradas (Cuadro 7).

Los promedios de mestizos de las tres poblaciones rindieron de manera similar estadísticamente; sin embargo, los mestizos de la población CML444/LH213//CL106951,

con un promedio de 11.45 t ha<sup>-1</sup>, rindieron en promedio estadísticamente similar a Dekalb 2061 (12.18 t ha<sup>-1</sup>), esta población tiene como antecedente genético a la Población 43 conocida como la Posta y a Mo17. Para la floración, tuvieron un ciclo de madurez intermedio similar al testigo comercial y el porcentaje de humedad fue aceptable para el desgrane y almacenamiento. Con respecto a la altura de planta, las poblaciones CL106951/LH181//CML384 y CML376/MM501D//CML384 no tuvieron diferencias estadísticas con el testigo comercial; no obstante, la población de mayor rendimiento, CML444/LH213//CL106951, mostró al mismo tiempo un porte de altura estadísticamente menor con respecto al testigo comercial, con 7 cm de diferencia aproximadamente.

Con lo que respecta al aspecto de planta y de mazorca, el testigo comercial mostró un mejor aspecto; cabe mencionar que estos datos sólo fueron colectados en las localidades de Álvaro Obregón, Mich., y Valle de Santiago, Gto. Para sanidad de planta, prácticamente no se registró presencia grave de enfermedades; en acame y pudrición de mazorca, se presentaron porcentajes similares al testigo comercial, pero para el porcentaje de mala cobertura de mazorca, las poblaciones fueron mejores que el testigo comercial, aunque esto pudo haberse influido por un porcentaje relativamente alto para el testigo Dekalb 2061 reportado en la localidad Juventino Rosas, Guanajuato (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedio para características agronómicas de mestizos de líneas S<sub>3</sub> agrupados por población con 25% de germoplasma templado del grupo heterótico “B” (ensayo 17ST1XRA). Cinco localidades, ciclo P-V 2017.

Población	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Floración Masculina† (d)	Floración Femenina† (d)	Humedad§ (%)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)
CL106951/LH181//CML384	11.33	69.73¶	70.64¶	14.86¶	260.64¶	139.61
CML444/LH213//CL106951	11.45¶	69.51¶	70.26¶	15.53¶	249.73#	137.13
CML376/MM501D//CML384	11.16	69.11#	70.16¶	15.30¶	252.91¶	133.89
Testigos Subtropicales	11.44	70.06	71.06	16.01	254.63	139.98
Dekalb 2061	12.18	70.00	70.63	15.26	257.30	124.40
DMS (α=0.05)	0.78	0.80	0.85	0.55	5.72	5.87
CV (%)	14.51	2.17	2.26	3.33	4.71	8.99

Cuadro 7. Continuación...

Población	Aspecto Planta‡ (1-5)	Aspecto Mazorca‡ (1-5)	Acame Raíz§ %	Acame Tallo§ %	Mala Cobertura§ %	Pudrición Mazorca‡§ %
CL106951/LH181//CML384	3.16	2.68	2.29¶	1.10¶	1.13#	3.54¶
CML444/LH213//CL106951	3.06	2.64	2.13¶	1.60¶	2.43#	4.22¶
CML376/MM501D//CML384	2.88	2.66	1.53¶	1.10¶	1.83#	3.46¶
Testigos Subtropicales	3.16	2.81	2.71	0.87	0.60	3.64
Dekalb 2061	1.50	1.63	0.59	0.81	4.30	4.18
DMS (α=0.05)	0.44	0.36	2.81	1.42	1.27	1.84
CV, %	19.22	17.90	54.93	44.20	39.06	23.30

†: Datos colectados en cuatro localidades, ‡: Datos colectados en dos localidades, §: Datos transformados por el método de la raíz cuadrada, ¶: Sin diferencias estadísticas significativas con respecto a Dekalb 2061, #: Superior estadísticamente a Dekalb 2061.

Para el ensayo “17ST1XRB”, mestizos de líneas S<sub>3</sub> del grupo heterótico “A”, la comparación de medias por población (DMS) para cada una de las características agronómicas se realizó contra el promedio los testigos comerciales y los testigos subtropicales.

Para rendimiento, ninguna población, en promedio de los mestizos, sobresalió con respecto a los testigos comerciales Dekalb 2061 y P3015W. La población CML264/PHHB9//CML549, con un promedio de 10.74 t ha<sup>-1</sup>, rindió estadísticamente similar a la media de los testigos subtropicales (11.04 t ha<sup>-1</sup>); esta población tiene como

antecedente genético a la recombinación de dos líneas derivadas de la Pob 21 con la B73; a su vez, presentó un aspecto estadísticamente similar a lo reportado para los testigos comerciales, aunque para esta variable sólo se tomaron datos en la localidad de Copándaro, Mich., por lo que los datos probablemente no son suficientes para inferir tal resultado. La desventaja para esta población fue que mostró un mayor porte de altura de planta, con una diferencia de 7 cm con respecto a los testigos subtropicales, pero mostró mayor ventaja para pudrición de mazorca. Esto probablemente se deba a que la población se integró con germoplasma de Tuxpeño (pob 21) el cual tiende a presentar porte alto de planta (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedio para características agronómicas de mestizos de líneas S<sub>3</sub> agrupadas por población con 25 % de germoplasma templado del grupo heterótico "A" (ensayo 17ST1XRB). Cuatro localidades, ciclo P-V 2017.

Población	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Floración Masculina (d)	Floración Femenina (d)	Humedad‡ (%)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)
(CML311/PHW52//CML380)	9.67	69.99	70.29	16.33¶	282.88¶	157.06
(CML373/PHHB9//CML380)	9.76	69.76	70.12	15.69¶	281.80¶	153.28
(CML264/PHHB9//CML549)	10.74	70.25	70.33	15.44¶	290.68	158.04
Testigos Subtropicales	11.04	70.30	70.57	16.15	283.93	158.28
Testigos Comerciales	12.09	68.81	69.00	15.81	282.38	146.75
DMS ( $\alpha=0.05$ )	0.49	0.52	0.52	0.51	5.54	5.33
CV, (%)	11.81	1.82	1.83	3.45	4.78	8.40

Cuadro 8. Continuación...

Población	Aspecto Planta† (1-5)	Aspecto Mazorca† (1-5)	Acame Raíz‡ %	Acame Tallo‡ %	Mala Cobertura‡ %	Pudrición Mazorca†‡ %
(CML311/PHW52//CML380)	3.11	3.05	1.54¶	2.60	1.13¶	3.39
(CML373/PHHB9//CML380)	3.10	2.95	2.43¶	1.44¶	0.92¶	5.24
(CML264/PHHB9//CML549)	2.63¶	2.70	3.04¶	0.75¶	1.18¶	2.81¶
Testigos Subtropicales	2.68	2.68	0.97	0.15	1.24	3.03
Testigos Comerciales	2.38	2.25	1.23	0.00	0.69	2.00
DMS ( $\alpha=0.05$ )	0.26	0.27	2.70	2.75	0.79	1.65
CV, (%)	11.05	11.54	63.26	68.39	36.73	19.47

†: Datos colectados en una localidad, ‡: Datos transformados por el método de la raíz cuadrada, ¶: Sin diferencias estadísticas significativas con los testigos comerciales Dekalb 2061 y P3015W.

Al respecto, Uhr y Goodman (1995) derivaron líneas de germoplasma tropical seleccionando en un medio templado y para las evaluaciones formaron mestizos con el probador templado B73 × Mo17, observaron una correlación positiva entre altura de planta y de mazorca con el rendimiento; por otro lado, Pérez-Colmenarez *et al.* (2000) sometieron a doce ciclos de selección masal al compuesto varietal Tuxpeño Crema 1 en el Estado de México, y encontraron que la altura de planta y de mazorca del C<sub>12</sub> fue 20.0 y 21.8 cm mayor, respectivamente que C<sub>0</sub>. La frecuente correlación positiva del rendimiento con la altura de planta y de mazorca, dentro de ciertos límites, podría ser la causa de estos resultados.

Para la floración, las tres poblaciones tuvieron un ciclo de madurez intermedio, con un día más tardías que el testigo comercial, y el porcentaje de humedad estuvo dentro de los límites aceptables para el desgrane y almacenamiento. Para sanidad, no se registraron porcentajes altos de enfermedades para las variables evaluadas con valores menores al 5 %.

De acuerdo con estos resultados, se puede inferir que el germoplasma templado de la faja maicera se puede recombinar con germoplasma subtropical con buen grado de adaptación a condiciones subtropicales de México; la combinación de alto rendimiento con bajos porcentajes de humedad y tolerancia al acame, indican que el maíz templado puede contribuir al mejoramiento de maíz subtropical, tal como lo reportaron Uhr y Goodman (1995) pero a la inversa, ya que ellos evaluaron la incorporación de germoplasma tropical para el mejoramiento de maíz templado, encontrando resultados favorables de adaptación.

Nelson y Goodman (2008) indican que las líneas tropicales evaluadas en mestizos con 50 % de germoplasma tropical tienen potencial para el mejoramiento de maíz templado.

Darrah *et al.* (1987) evaluaron germoplasma tropical y subtropical de CIMMYT cruzado con dos líneas de la faja maicera, B73 y Mo17, en cuatro localidades de EEUU y dos de México; sus resultados no mostraron diferencias significativas entre cruzas con B73 y Mo17, la Pob 43, conocida como la Posta, mostró buen desempeño en sus cruzas con ambos probadores, pero no encajaron en ningún grupo heterótico.

De esta manera, tal y como concluyen Mickelson *et al.* (2001), las poblaciones de CIMMYT tienen buen desempeño *per se* y su uso para programas de mejoramiento es sugerido por su buen desempeño en una variedad de cruzas, debido en parte al mejoramiento intrapoblacional en un amplio rango de ambientes para su adaptación, esto a pesar del limitado desarrollo heterótico.

### 4.3. Evaluación de comportamiento de mestizos

La comparación se realizó con respecto al testigo comerciales y los testigos subtropicales para cada uno de los ensayos.

Para el ensayo “17ST1XRA” del grupo heterótico “B”, los mestizos sobresalientes de cada población que presentaron un rendimiento superior a la media de los testigos subtropicales y además mostraron un rendimiento estadísticamente similar a Dekalb 2061, se muestran en el Cuadro 9.

La entrada 11 corresponde al mestizo que registró mayor rendimiento promedio, con 12.92 t ha<sup>-1</sup>, siendo similares estadísticamente los mestizos restantes; seis de ellos con líneas que se derivaron de la población CL106951/LH181//CML384, seis de la población CML444/LH213//CL106951 y cinco mestizos con líneas derivadas de CML376/MM501D//CML384. Los mestizos de las entradas 11, 24, 2, 12, 1 y 33 superaron en términos numéricos al rendimiento del testigo comercial Dekalb 2061 con 740, 300, 120, 100, 40 y 20 kg. ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Para floración se puede inferir de manera general que son mestizos de ciclo de madurez intermedio; el mestizo 31 fue aparentemente más tardío que los testigos con 78 días para floración masculina y 80 d para floración femenina, sin embargo este dato para este mestizo sólo se pudo tomar en la localidad de Valle de Santiago en Guanajuato, en donde los mestizos restantes presentan una floración similar; en el otro extremo varios mestizos fueron más precoces, cuatro de ellos hasta con tres días menor a la floración que los testigos (entrada 17, 20, 33 y 34). Pérez-Colmenarez *et al.* (2000) observaron una disminución significativa en los días a floración masculina, asociados con el incremento en el rendimiento, en programas de adaptación de poblaciones de origen tropical a regiones de clima templado. Se sugiere que los materiales mejor adaptados o mejorados tuvieron alta frecuencia de genes favorables para rendimiento y precocidad. Esto concuerda con lo señalado por Morales *et al.* (2007) y por Gómez *et al.* (2015) en el sentido de que el rendimiento de grano y la precocidad son algunas de las

variables más importantes para determinar la bondad en el mejoramiento de los materiales ya sean adaptados o exóticos.

Para la variable altura de la planta, los mestizos de líneas derivadas de la población CL106951/LH181//CML384 tendieron a presentar un mayor porte, con hasta 17 cm de diferencia al testigo comercial Dekalb 2061 y en algunos casos estadísticamente significativo a éste; de igual manera para esta población se puede inferir la asociación de mayor altura de planta con potencial de rendimiento como lo reportan algunas investigaciones como San Vicente y Hallauer (1993); Uhr y Goodman (1995); Pérez *et al.* (2000). Para altura de mazorca, la mayoría muestra una posición por debajo de la mitad de la altura total, lo que ofrece ventajas para siembra a mayor densidad y tolerancia al acame. La medición del porcentaje de humedad se tomó al momento de la cosecha y, como se observa, la mayoría de los mestizos se encuentra dentro de la media del testigo comercial. El testigo comercial mostró un mejor aspecto de planta y mazorca; sin embargo, la media de cada mestizo indica que tienen un aspecto aceptable; cabe recalcar que estos datos sólo fueron colectados en dos localidades. Para sanidad, el porcentaje más alto reportado para acame fue 4.6 % y para pudrición 5.6 % lo que indica que no hubo presencia grave de enfermedades.

Cuadro 9. Promedios de características agronómicas de mestizos sobresalientes dentro de las poblaciones con 25 % de germoplasma templado del grupo heterótico "B" (ensayo 17ST1XRA). Cinco localidades, ciclo P-V 2017.

Entrada	Genealogía	Rend t ha <sup>-1</sup>	Floración Masculina† d	Floración Femenina† d	Hum§ %	Altura Planta cm	Altura Mazorca cm
	CL106951/LH181//CML384	11.33	69.73	70.64	14.86	260.64	139.61
11	67-1-1	12.92¶	71.13¶	72.13	15.20¶	274.50	160.00
2	19-4-1	12.30¶	70.50¶	71.13¶	14.79¶	267.60	147.10
12	68-1-1	12.28¶	68.75¶	69.75¶	14.58¶	266.60¶	140.90
1	12-5-1	12.22¶	69.75¶	71.00¶	14.89¶	272.60	150.50
8	48-1-1	11.70¶	69.63¶	70.13¶	15.53¶	264.30¶	133.40¶
3	23-2-1	11.55¶	68.63¶	69.38¶	15.11¶	247.50¶	126.90¶
	CML444/LH213//CL106951	11.45	69.51	70.26	15.53	249.73	137.13
24	19-2-1	12.48¶	70.13¶	69.88¶	14.64¶	256.80¶	143.00
17	4-3-1	12.05¶	68.50#	69.13#	16.32	252.50¶	138.60
20	13-2-2	11.95¶	68.50#	69.25¶	15.49¶	244.90#	123.20¶
25	34-2-1	11.57¶	70.25¶	71.13¶	15.36¶	250.50¶	144.30
26	34-2-2	11.57¶	70.25¶	70.75¶	16.50	247.90¶	146.20
29	36-1-2	11.48¶	69.25¶	69.88¶	15.04¶	249.40¶	137.90
	CML376/MM501D//CML384	11.16	69.11	70.16	15.30	252.91	133.89
33	33-1-1	12.20¶	67.00#	68.50#	14.58¶	259.17¶	145.33
31	16-2-2	12.08¶	77.50	79.50	16.08	250.00¶	136.25
38	40-1-1	12.00¶	69.38¶	70.25¶	15.68¶	260.30¶	138.30
35	37-2-1	11.71¶	69.38¶	70.50¶	15.39¶	256.80¶	136.90
34	37-1-1	11.69¶	67.75#	69.00#	15.33¶	259.00¶	136.20
	Testigos Subtropicales	11.44	70.06	71.06	16.01	254.63	139.98
	Dekalb 2061	12.18	70.00	70.63	15.26	257.30	124.40
	DMS ( $\alpha=0.05$ )	1.38	1.37	1.46	0.85	10.26	10.00
	CV, %	13.48	1.91	2.01	2.74	4.46	8.46

Cuadro 9. Continuación...

Entrada	Genealogía	Aspecto	Aspecto	Acame	Acame	Mala	Pudrición
		Planta‡	Mazorca‡	Raíz§	Tallo§	Cobertura§	Mazorca‡§
		(1-5)	(1-5)	%	%	%	%
	CL106951/LH181//CML384	3.16	2.68	2.29	1.10	1.13	3.54
11	67-1-1	3.63	2.75	0.28¶	0.68¶	0.41#	1.73¶
2	19-4-1	3.38	2.50	2.36¶	2.31¶	0.82#	2.08¶
12	68-1-1	2.88	2.88	0.45¶	0.85¶	4.00¶	4.30¶
1	12-5-1	3.38	2.25	2.23¶	1.32¶	0.17#	3.33¶
8	48-1-1	3.38	2.75	3.90¶	1.27¶	0.59#	3.48¶
3	23-2-1	2.75	2.13¶	0.15¶	0.48¶	1.21#	2.98¶
	CML444/LH213//CL106951	3.06	2.64	2.13	1.60	2.43	4.22
24	19-2-1	3.13	2.75	4.59¶	1.65¶	0.34#	3.10¶
17	4-3-1	3.25	2.63	1.95¶	0.64¶	1.78#	4.13¶
20	13-2-2	2.75	2.38	1.16¶	3.20¶	3.54¶	2.80¶
25	34-2-1	3.50	2.63	0.99¶	4.02¶	1.91#	5.60¶
26	34-2-2	2.88	3.00	0.87¶	2.59¶	0.46#	3.45¶
29	36-1-2	2.50	2.75	0.96¶	0.89¶	4.37¶	4.15¶
	CML376/MM501D//CML384	2.88	2.66	1.53	1.10	1.83	3.46
33	33-1-1	3.00	2.50	0.88¶	1.63¶	0.75#	2.48¶
31	16-2-2	3.63	2.50	3.68¶	4.63	1.13#	3.35¶
38	40-1-1	3.25	3.13	0.41¶	1.71¶	0.43#	3.23¶
35	37-2-1	2.75	2.75	2.85¶	1.16¶	5.39¶	3.00¶
34	37-1-1	2.38	2.13¶	0.53¶	0.48¶	1.81#	2.98¶
	Testigos Subtropicales	3.16	2.81	2.71	0.87	0.60#	3.64
	Dekalb 2061	1.50	1.63	0.59	0.81	4.30	4.18
	DMS ( $\alpha=0.05$ )	0.80	0.60	4.46	2.59	2.01	3.19
	CV, %	18.75	15.81	48.66	42.88	33.28	22.79

Rend: rendimiento, Hum: humedad †: Datos colectados en cuatro localidades, ‡: Datos colectados en dos localidades, §: Datos transformados por el método de la raíz cuadrada, ¶: Sin diferencias estadísticas significativas con Dekalb 2061, #: Superior estadísticamente a Dekalb 2061.

En el ensayo “17ST1XRB” del grupo heterótico “A”, los mestizos sobresalientes que presentaron un rendimiento estadísticamente superior con respecto a la media de los testigos subtropicales fueron solamente seis provenientes de líneas derivadas de la población CML264/PHHB9//CML549, misma población que resultó sobresaliente con respecto a las demás evaluadas dentro del mismo grupo heterótico “A” (Cuadro 10). Al respecto, Nelson *et al.* (2006) en la introducción de germoplasma tropical a ambientes templados, encontraron potencial de la línea CML264, con un mejor desempeño al cruzarse con germoplasma proveniente de *Non-Stiff-Stalk*.

La entrada 32 fue el mestizo de mayor rendimiento con  $12.03 \text{ t ha}^{-1}$  estadísticamente superior al promedio de los testigos subtropicales y equivalente a los comerciales ( $12.09 \text{ t ha}^{-1}$ ); los mestizos de las entradas 33, 37 y 36, de la misma manera presentaron rendimiento estadísticamente similar a los testigos comerciales y subtropicales. Los días a floración oscilaron de 69 a 71 días para ambas, floración masculina y femenina, con diferencias hasta de dos días con respecto a los testigos comerciales. De la misma manera, presentaron un ciclo de madurez intermedio y porcentajes de humedad dentro del rango establecido; para la variable altura de planta, las entradas 32, 33 y 37, que representan la mitad de los mestizos sobresalientes, presentaron un porte alto en comparación con los testigos comerciales, asociado al alto valor de altura de planta en promedio de la población CML264/PHHB9//CML549, como se observó anteriormente. El aspecto de planta se evaluó solamente en la localidad de Copándaro, Mich., presentando valores estadísticamente similares a los testigos comerciales.

Para enfermedades, los porcentajes fueron relativamente bajos para la mayoría de los mestizos, excepto un mestizo que presentó para acame de raíz un porcentaje de 10.5 %, pero se debió a una incidencia grave reportada en casi la mitad de los mestizos en la localidad de Juventino Rosas en Gto., al respecto, Uhr y Goodman (1995) obtuvieron resultados similares en mestizos de germoplasma tropical evaluados en ambientes templados de la faja maicera, entre los cuales algunos de sus mestizos más rendidores tendían a acamarse más; sin embargo, en promedio de las localidades, la mayoría no presentaron porcentajes altos para esta variable, lo que representa una ventaja en el manejo agronómico; por otra parte, Mickelson *et al.* (2001) encontraron un coeficiente de correlación negativo entre rendimiento y acame sugiriendo que el acame impactó negativamente el rendimiento en México.

Cuadro 10. Promedios de características agronómicas de mestizos sobresalientes dentro de las poblaciones con 25 % de germoplasma templado del grupo heterótico "A" (ensayo 17ST1XRB). Cuatro localidades, ciclo P-V 2017.

Entrada	Genealogía	Rend (t ha <sup>-1</sup> )	Floración Masculina (d)	Floración Femenina (d)	Hum‡ (%)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)
	CML264/PHHB9//CML549	10.74	70.25	70.33	15.44	290.68	158.04
32	9-2-1	12.03¶	69.75¶	70.25	15.65¶	299.50	155.00¶
33	21-2-1	11.40¶	70.63	71.38	15.50¶	295.63	162.75
37	36-1-1	11.25¶	70.00	70.00	14.33¶	294.13	160.63
36	32-1-1	11.19¶	70.25	70.50	15.84¶	292.75¶	168.13
30	7-2-1	11.05	70.00	70.63	16.67¶	282.63¶	147.88¶
38	50-1-1	11.05	69.25¶	69.38¶	14.66¶	291.25¶	156.63¶
	Testigos Subtropicales	11.04	70.30	70.57	16.10	283.93	158.43
	Testigos Comerciales	12.09	68.81	69.00	15.81	282.38	146.75
	DMS ( $\alpha=0.05$ )	0.99	1.04	0.99	0.99	10.95	11.97
	CV, %	9.55	1.47	1.40	2.73	3.82	7.62

Cuadro 10. Continuación...

Entrada	Genealogía	Aspecto Planta† (1-5)	Aspecto Mazorca† (1-5)	Acame Raíz‡ %	Acame Tallo‡ %	Mala Cobertura‡ %	Pudrición Mazorca†‡ %
	CML264/PHHB9//CML549	2.63	2.70	3.04	0.75	1.18	2.81
32	9-2-1	2.50¶	2.75¶	0.23¶	0.00¶	2.65¶	3.30¶
33	21-2-1	2.50¶	2.50¶	10.53	0.21¶	1.68¶	3.05¶
37	36-1-1	2.50¶	2.75¶	2.56¶	0.43¶	0.00¶	4.70¶
36	32-1-1	2.50¶	2.75¶	1.68	0.00¶	0.78¶	2.75¶
30	7-2-1	2.50¶	3.00	2.15¶	0.63¶	1.95¶	2.35¶
38	50-1-1	2.50¶	3.00	0.00¶	1.89¶	1.30¶	1.45¶
	Testigos Subtropicales	2.68	2.68	0.97	0.15	1.24	3.03
	Testigos Comerciales	2.38	2.25	1.23	0.00	0.69	2.00
	DMS ( $\alpha=0.05$ )	0.64	0.52	5.24	5.10	2.10	3.77
	CV, %	10.96	9.09	53.40	52.13	37.99	17.68

Rend: rendimiento, Hum: humedad, †: Datos colectados en una localidad, ‡: Datos transformados por el método de la raíz cuadrada, ¶: Sin diferencias estadísticas significativas de los testigos comerciales.

Algunos investigadores como Vasal *et al.* (1992) señalan que en ambientes subtropicales, muchas de las cruzas con efectos positivos para rendimiento fueron las que combinaban grano blanco x amarillo; pero a su vez concluyó que los materiales subtropicales de CIMMYT y el germoplasma templado precoz son mas favorablemente

adaptados a condiciones templadas de la faja maicera; consecuentemente, Mickelson *et al.* (2001) sugieren que *BSSS (Reid)* podría necesitar ser convertido a grano blanco, debido a la incorporación de altos niveles de resistencia a enfermedades, necesaria para la producción de maíz en los subtrópicos; tal planteamiento es el que se abordó en esta investigación con la incorporación de germoplasma exótico templado a germoplasma subtropical para condiciones subtropicales, observándose de la misma manera resistencia a enfermedades que sugiere la conveniente adaptación del germoplasma exótico.

Lo anterior demuestra que la metodología ha sido eficiente para valorar la incorporación de germoplasma exótico para el mejoramiento de maíz; de esta manera, el germoplasma exótico templado evaluado en proporción de 25 % en las poblaciones del grupo heterótico "A" y grupo "B", según la clasificación de CIMMYT, se adapta bien a las condiciones de subtrópico.

Se identificaron líneas que al cruzarse con un probador de grupo heterótico contrario superan en rendimiento al testigo comercial Dekalb 2061; en general, los mestizos formados con líneas derivadas fueron de ciclo intermedio, similares a los testigos, con una media de 70 días para floración masculina y femenina para ambos grupos heteróticos "A" y "B"; en la variable altura de planta de los mestizos, se reportó una media de 285 cm para el germoplasma del grupo "A" y 255 cm para el grupo heterótico "B", infiriendo que los mestizos más rendidores presentaron mayor porte de planta para ambos grupos heteróticos; sin embargo, también hubo mestizos con valores altos de rendimiento y buen porte de planta; en lo que respecta a sanidad, los mestizos sobresalientes presentaron porcentajes bajos para acame, mala cobertura y pudrición.

En base a los grupos heteróticos, las poblaciones del grupo heterótico "B" clasificado como No Tuxpeño, tuvieron un mejor desempeño con su probador, las cuales engloban como antecedente genético a las Poblaciones 43 y 502 como fuente subtropical, y Mo17 como material templado evaluadas con la línea como probador CSL1653 de grupo heterótico "A". Por otro lado, las poblaciones de grupo "A" similar a Tuxpeño, de base

genética a las poblaciones 500, 501, 43 y 21 recombinadas con líneas de origen templado relacionado con B73 al cruzarse con su probador CL420801 de grupo “B”, mostraron interacción con el ambiente y desempeño inferior para la variable rendimiento, por lo que se sugiere para futuras investigaciones se realice una evaluación utilizando más probadores para obtener una información más precisa de la asignación de grupos heteróticos en el germoplasma aquí evaluado. Con base en lo anterior, Hallauer y Carena (2014) concluyeron que, excepto por el rendimiento de grano, las poblaciones con germoplasma tropical tienen la madurez adecuada y los rasgos agronómicos aceptables para tener potencial como fuentes alternativas de germoplasma para ambientes templados.

Este resultado quizá se deba a que los grupos heteróticos “A” y “B” no son aparentes porque las líneas del CIMMYT se han desarrollado a partir de conjuntos de genes y poblaciones con una amplia base de germoplasma. El desarrollo de grupos heteróticos en el CIMMYT ha sido bastante reciente, después de la endogamia en estos grupos de genes y poblaciones para el desarrollo de líneas a partir de la mitad de la década de 1980 (Reif *et al.*, 2003; Xia *et al.*, 2004). No obstante, con los resultados obtenidos de los grupos heteróticos “A” y “B” de CIMMYT, se infiere que el germoplasma exótico templado puede aportar nuevos alelos deseables para mejorar la base poblacional con la expectativa de obtener buenas líneas endogámicas. Wen *et al.* (2012) señala que el aprovechamiento de las grandes diferencias de frecuencia alélica observadas entre líneas templadas y CML’s, junto con los alelos únicos alojados dentro de ambos germoplasmas, pudiera complementarse para una mejora mutua entre los dos conjuntos de germoplasma.

De esta manera, se tiene información útil para continuar con avance endogámico de las líneas que resultaron sobresalientes en sus combinaciones con el probador, probar otras combinaciones de germoplasma templado-subtropical, o bien, realizar otros cruzamientos con diferentes probadores con el objeto de seleccionar aquellas promisorias para la formación de híbridos y variedades sintéticas.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La incorporación del germoplasma exótico templado de la faja maicera en proporción de 25 % en germoplasma subtropical, se adapta bien a las condiciones de subtrópico.
- De las líneas S<sub>3</sub> derivadas de las poblaciones del grupo heterótico “B”, la tercera parte de los mestizos experimentales superaron en rendimiento de grano a los testigos subtropicales hasta en más de una t ha<sup>-1</sup> y fueron similares al testigo comercial Dekalb 2061.
- La población CML444/LH213//CL106951 de grupo heterótico “B”, fue en promedio de los mestizos de sus líneas S<sub>3</sub> la de mejor potencial de rendimiento y buen desempeño agronómico. De lo anterior, en este estudio la recombinación de líneas de la Población 43 con Mo17 mostró mejor potencial como mestizos con un probador de grupo heterótico “A”.
- Seis mestizos de grupo heterótico “B” superaron en valores al rendimiento del testigo comercial Dekalb 2061 con 0.02 a 0.70 t ha<sup>-1</sup>.
- De las líneas S<sub>3</sub> derivadas de las poblaciones de grupo heterótico “A” sólo seis mestizos fueron superiores en rendimiento de grano a los testigos subtropicales hasta por una t ha<sup>-1</sup>; cuatro de ellos estadísticamente similar a los testigos comerciales, Dekalb 2061 y P3015W para rendimiento de grano.
- La población CML264/PHHB9//CML549 de grupo heterótico “A” mostró el mejor rendimiento sobre las otras dos poblaciones para este grupo, con valores estadísticamente similares los testigos subtropicales, aunque presentó un porte alto de planta.

- Los mestizos de líneas S<sub>3</sub> derivados de las poblaciones del grupo heterótico “A” (Tuxpeño) con su probador de grupo heterótico contrario, mostraron una interacción con el ambiente para las variables evaluadas, excepto altura de planta y mazorca, y bajo potencial de rendimiento. Por lo que se puede inferir para éste estudio, que la incorporación de germoplasma templado con germoplasma subtropical proveniente de Tuxpeño no mostró potencial de rendimiento en las condiciones agroecológicas del subtrópico.
- Los mestizos presentaron en general buen comportamiento agronómico; sin embargo, algunos presentaron un mayor porte de planta, por lo que se sugiere seguir con el proceso de selección por pedigrí para su mejoramiento.
- El germoplasma templado puede aportar características agrónomicas útiles en el mejoramiento genético del maíz subtropical.

## VI. LITERATURA CITADA

- Anderson, E. (1944) The Sources of Effective Germ-Plasm in Hybrid Maize, *Missouri Botanical Garden*, 31(4), pp. 355–361.
- Baker, R. (1984) Some of the open pollinated varieties that contributed the most to modern hybrid corn. *In: Proceedings of the 20th Annual Illinois Corn Breeders School*. University of Illinois. Urbana-Champaign, Illinois, USA. pp: 1-19.
- Bartolini, R. (1990) El maíz. España: Ediciones Mundi Prensa. 227 p.
- Brown, W. L. and E. Anderson. (1948) The Southern Dent corns. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 35: 255-276.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (1985) Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. Disponible en línea: <http://repository.cimmyt.org/xmlui/handle/10883/3792> [Abril 2016].
- CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (1998) A Complete Listing of Improved Maize Germoplasm From CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Maize Program Special Report. Mexico, D.F. 94 p.
- CONABIO-INIFAP-INE. (2011). Base de datos de maíces nativos y sus parientes silvestres con registros reportados (corte a 2010) en el Proyecto Global de Maíces. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Instituto Nacional de Ecología. México. Disponible en línea: [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx) [octubre 2018]
- Crossa, J., S. Taba and E. J. Wellhausen (1990) Heterotic patterns among Mexican races of maize. *Crop Science* 30: 1182-1190.
- Crow, J. F. (1998) 90 years ago : the beginning of hybrid maize. *Genetics* 148: 923-928.
- Darrah, L. L., M. S. Zuber and E. B. Lillehoj (1987) Yield and the genetic control of aflatoxin in maize. *In: Aflatoxin in Maize: A Proceedings of the Workshop*, April 7-11, 1986. M.S. Zuber, E. B. Lillehoj and B. L. Renfro (eds.). CIMMYT. El Batán, México. pp. 236-245.
- De la Cruz L., L., J. Ron P., J.L. Ramírez D., J. J. Sánchez G., M. M. Morales R., M. Chuela B., S. A. Hurtado P. y S. Mena M. (2003) Heterosis y aptitud combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26:1-10.

- De la Loma, J. L. (1979) *Genética General y Aplicada*. Mexico: Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. México, D.F. 752 p.
- Doebley, J., J. D. Wendel, J. S. C. Smith, C. W. Stuber and M. M. Goodman (1988) The origin of cornbelt maize: the isozyme evidence. *Economic Botany* 42: 120-131. doi: 10.1007/BF02859042.
- Duvick, D.N., J. S. C. Smith and M. Cooper (2004) Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program. *Plant Breeding Reviews* 24 Part 2:109-151.
- Falconer, D. S (1990). *Introducción a la Genética Cuantitativa*. Tercera ed. Traducción por F. Márquez S. Compañía Editorial Continental. Mexico, D.F. 430 p.
- FIRA, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (2016) *Panorama Agroalimentario. Maíz 2016*. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. México. Disponible en línea: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama\\_Agroalimentario\\_Maíz\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Maíz_2016.pdf) (Febrero 2018).
- Gama, E. E. G. and A. R. Hallauer (1977) Relation between inbred and hybrid traits in maize. *Crop Science* 17:703-706.
- Gómez-Espejo, A. L., J.D Molina-Galán, J.J García-Zavala, M.C Mendoza-Castillo, A. de la Rosa- Loera (2015). Poblaciones exóticas originales y adaptadas de maíz. I: Variedades locales de clima templado × variedades tropicales', *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(1) 57–66.
- Goodman, M.M (1999) Broadening the genetic diversity in maize breeding by use of exotic germplasm. In: Coors JG, Pandey S (eds) *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. ASA, CSSA and SSSA, Madison, pp 139–148
- Goodman, M. M. (1992) Choosing and using tropical corn germoplasm. *In: Proceedings of the 47th Annual Corn and Sorghum Research Conference*. American Seed Trade Association. Washington, D.C. pp:47:47-64.
- Goodman, M., J. Moreno., F. Castillo., R.N Holley. and M. L. Carson (2000) Using tropical germplasm for temperate breeding. *Maydica* 45:221–234.
- Hallauer, A. R. (2011) Evolution of plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 11:197-206. doi: 10.1590/S1984-70332011000300001.
- Hallauer A. R and M. J. Carena (2012) Recurrent selection to improve germplasm in maize. *Maydica* 57: 266-283.

- Hallauer, A. R. and M. J. Carena (2014) Adaptation of tropical maize germplasm to temperate environments. *Euphytica* 196: 1-11. doi: 10.1007/s10681-013-1017-9.
- Holland, J. B. (2004) Breeding: incorporation of exotic germoplasm. *In: Encyclopedia of Plant and Crop Science*. R. M. Goodman (ed.). Marcel Dekker Inc. New York. pp: 222-224. doi: 10.1081/E-EPCS 120010536.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2018. Climatología. Disponible en línea:  
<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIzLjMyMDA4LGxvbjotMTAyLjE0NTY1LHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=> [Junio 2018].
- Kato, T. A., C. Mapes S., L. M. Mera O., J. A. Serratos H., J. A. Bye B. (2009). Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- Lonnquist, J. H. (1968). Further evidence on testcross versus line performance in maize. *Crop Sci.* 8:50-53. doi:10.2135/cropsci1968.0011183X000800010016x
- Márquez S., F. (1988) Genotecnia Vegetal, Tomo II. Métodos, Teoría, Resultados. AGT Editor. México D.F. 665 p.
- Mickelson, H. R., H. Cordova, K. V. Pixley and M. S. Bjarnason (2001) Heterotic relationships among nine temperate and subtropical maize populations. *Crop Science* 41: 1012-1020.
- Morales-Rivera, M., J. Ron-Parra., J.J. Sánchez-González., J.L. Ramírez-Díaz., L. de la Cruz-Larios., S. Mena-Munguía., S. Hurtado de la Peña., S. Chuela- Bonaparte (2007). Relaciones fenotípicas y heterosis entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30(3): 285–294.
- Nelson, P. T., M. P. Jines and M. M. Goodman (2006) Selecting among available, elite tropical maize inbreds for use in long-term temperate breeding. *Maydica* 51(2): 255–262.
- Nelson, P. T. and M. M. Goodman (2008) Evaluation of elite exotic maize inbreds for use in temperate breeding. *Crop Science* 48: 85-92. doi: 10.2135/cropsci2007.05.0287.

- Ortiz R., S. Taba, V.H. Tovar, M. Mezzalama, Y. Xu, J. Yan, J.H Crouch (2010) Conserving and enhancing maize genetic resources as global public goods a perspective from CIMMYT. *Crop Sci* 50:1–16
- Pérez C., A., J. D. Molina G. y Á. Martínez G. (2002) Adaptación a clima templado de razas tropicales y subtropicales de maíz de México por selección masal visual. Rendimiento, altura de la planta y precocidad. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 435-441.
- Pérez-Colmenarez, A. A., J. D. Molina-Galán y Á. Martínez-Garza (2000) Adaptación a clima templado de una variedad de maíz tropical mediante selección masal visual estratificada. *Agrociencia* 34: 533-542.
- Preciado-Ortiz, R. E., S. García-Lara, S. Ortiz-Islas, A. Ortega-Corona y S. O. Serna-Saldívar (2013) Response of recurrent selection on yield, kernel oil content and fatty acid composition of subtropical maize populations. *Field Crops Research* 142: 27-35. doi: 10.1016/j.fcr.2012.11.019.
- Pruitt, J. D. (2016) A brief history of corn: looking back to move forward. Doctoral Document. University of Nebraska. Lincoln, Nebraska. 113 p.
- Ramírez D., J. L., M. Chuela B., V. A. Vidal M., J. Ron P. y F. Caballero H. (2007) Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 453-461.
- Reif, J. C., A. E. Melchinger, X. C. Xia, M. L. Warburton, D. A. Hoisington, S. K. Vasal, G. Srinivasan, M. Bohn and M. Frisch (2003) Genetic distance based on simple sequence repeats and heterosis in tropical maize populations. *Crop Science* 43:1275-1282.
- Reif, J. C., A. R. Hallauer and A. E. Melchinger (2005) Heterosis and heterotic patterns in maize. *Maydica* 50: 215-223.
- Reyes M., C. A. y J. D. Molina G. (1982) Probadores de alto y bajo rendimiento para aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz. *Agrociencia* 47: 117-130.
- San Vicente, F. M. and A. R. Hallauer (1993) Mass selection for adaptation in Antigua maize (*Zea mays* L.) composite. *Journal of the Iowa Academy of Science* 100: 9-12.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie (1980) Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2nd ed. McGraw-Hill. New York. 633 p.
- Tallury, S. P. and M. M. Goodman (1999) Experimental evaluation of the potential of tropical germplasm for temperate maize improvement. *Theoretical and Applied*

*Genetics* 98: 54-61. doi: 10.1007/s001220051039.

Tanksley, S.D., and J.C. Nelson (1996). Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germoplasm into elite breeding lines. *Theor. Appl. Genet.* 92:191-203

Tarter, J. A., M.M. Goodman and J.B. Holland (2004) Recovery of exotic alleles in semiexotic maize inbreds derived from crosses between Latin American accessions and a temperate line. *TAG. Theoretical and applied genetics.* 109(3): 609–17. doi: 10.1007/s00122-004-1660-6.

Tracy, W. F. and M. A. Chandler (2006) The historical and biological basis of the concept of heterotic patterns in Corn Belt Dent maize. *In: Plant Breeding: The Arnel R. Hallauer International Symposium.* K. R. Lamkey and M. Lee (eds.). Blackwell Publishing Professional. Ames, Iowa, USA. pp: 219-233. doi: 10.1002/9780470752708.ch16.

Uhr, D. V. and M. M. Goodman (1995) Temperate maize inbreds derived from tropical germoplasm: I. Testcross yield trials. *Crop Science* 35: 779-784.

Vargas, M., E. Combs, G. Alvarado, G. Atlin, K. Mathews and J. Crossa (2013) Meta: A suite of SAS programs to analyze multienvironment breeding trials. *Agronomy Journal* 105: 11-19. doi: 10.2134/agronj2012.0016.

Vasal, S. K., G. Srinivasan, J. Crossa and D. L. Beck (1992) Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early-maturity maize germoplasm. *Crop Science* 32:884-890.

Vasal, S. K., N. Vergara y S. McLean (1994) Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 5: 184-189.

Vasal, S.K., F. San Vicente., S. Mc Lean., K. Ramanujan., M. Barandarián., A. Ramírez, y G. Ávila (1997). Avance en el desarrollo de líneas como probadores en el germoplasma tropical de maíz. En: Síntesis de resultados experimentales 1993-1995 del Programa Regional de Maíz para Centroamérica y el Caribe (PRM). p 45-49.

Wallace, H. A. and W. L. Brown (1956) *Corn and its Early Fathers.* Michigan State University Press. East Lansing, Michigan, USA. 134 p.

Wellhuasen, E. J., L. M, Roberts y E. Hernández (1951) *Razas de Maíz en México, Su Origen, Características y Distribución.* Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 237 p.

Wellhausen, E. J. (1965) Exotic germoplasm for improvement of corn Belt maize *Proc., 20th annual Hybrid Corn Industry-Research Conf.,* pp. 31–45.

- Wellhausen, E. J. (1978) Recent developments in maize breeding in the tropics. *In: Maize Breeding and Genetics*. D. B. Walden (ed.). John Wiley and Sons. New York. pp: 59-84.
- Wellhausen, E. J., and S. Wortman (1954). Combining ability in S<sub>1</sub> and derived S<sub>3</sub> lines of corn. *Agronomy Journal* 46:86-89.
- Wen, W., T. Guo, V. H. Chávez T., H. Li, J. Yan and S. Taba (2012) The strategy and potential utilization of temperate germplasm for tropical germplasm improvement: a case study of maize (*Zea mays* L.). *Molecular Breeding* 29: 951-962. doi: 10.1007/s11032-011-9696-1.
- Wilkes. H. G. and M. M. Goodman (1995) Mystery and missing links: the origin of maize. *In: Maize Genetic Resources*. S. Taba (ed.). Maize Program Special Report. CIMMYT. Mexico, D.F. pp:1-6.
- Xia X.C., J.C. Reif, D. Hoisington, A.E. Melchinger, M. Frisch, M.L. Warburton (2004) Genetic diversity among CIMMYT maize inbred lines investigated with SSR markers: I. Lowland tropical maize. *Crop Science* 44: 2230-2237.

## VII. APÉNDICE

Cuadro A-1. Análisis de varianza de características agronómicas del ensayo 17ST1XRA (grupo heterótico "B"). Cinco localidades, PV 2017.

Fuente de Variación	gl	Cuadrados Medios		
		Floración Masculina†	Floración Femenina‡	Humedad§
Localidades	4	8912.58**	9596.67**	20.50***
Repeticiones/Localidades	5	18.47***	21.35***	0.11***
Bloques/Repeticiones × Localidades	70	3.23**	3.25*	0.02**
Entradas¶	47	3.79***	3.62**	0.04***
Mestizos#	42	3.64**	3.24	0.04***
Poblaciones	2	6.67*	4.88	0.23***
Mestizos/Poblaciones	40	3.42**	3.12	0.03**
Testigos	4	5.04*	3.40	0.05***
Testigos vs Mestizos	1	10.06*	12.82*	0.16**
Entradas × Localidades	188	2.53*	2.80*	0.03***
Mestizos × Localidades	168	2.62*	2.91	0.02***
Poblaciones × Localidades	8	7.78***	6.09*	0.06***
Mestizos/Poblaciones × Localidades	160	2.47	2.81	0.02**
Testigos × Localidades	16	0.99	1.17	0.02**
Testigos vs Mestizos × Localidades	4	3.65	2.85	0.11***
Error	160	1.76	2.00	0.01
C.V. (%)		1.91	2.01	2.74
Media		69.54	70.44	15.28

Cuadro A-1. Continuación...

Fuente de Variación	gl	Cuadrados Medios			
		Altura Planta	Altura Mazorca	Aspecto Planta‡	Aspecto Mazorca‡
Localidades	4	8120.68***	1159.22***	1.88*	3.94***
Repeticiones/Localidades	5	1040.90***	814.02***	1.16*	0.43
Bloques/Repeticiones x Localidades	70	349.25***	290.88***	0.31	0.18
Entradas¶	47	411.11***	347.82***	0.60*	0.34**
Mestizos#	42	437.16***	372.54***	0.43	0.24
Poblaciones	2	3326.45***	673.58**	1.24*	0.00
Mestizos/Poblaciones	40	292.52***	349.75***	0.37	0.25
Testigos	4	157.68	566.53	2.39***	232.66**
Testigos vs Mestizos	1	25.00	20.65	0.34	0.10
Entradas x Localidades	188	123.12	126.45	0.32	0.26
Mestizos x Localidades	168	111.25	118.19	0.33	0.23
Poblaciones x Localidades	8	248.58*	169.83	0.27	0.41
Mestizos/Poblaciones x Localidades	160	101.53	113.69	0.33	0.22
Testigos x Localidades	16	415.89	232.66	0.11	0.48*
Testigos vs Mestizos x Localidades	4	219.22	205.35	0.05	0.57
Error	160	129.12	134.54	0.32	0.18
C.V. (%)		4.46	8.46	18.75	15.81
Media		254.83	137.12	3.02	2.65

Cuadro A-1. Continuación....

Fuente de Variación	gl	Cuadrados Medios			
		Acame Raíz§	Acame Tallo§	Mala Cobertura§	Pudrición Mazorca‡§
Localidades	4	43.60***	12.34***	18.59***	13.26***
Repeticiones/Localidades	5	3.52***	1.75***	0.24	0.72
Bloques/Repeticiones x Localidades	70	0.92***	0.31	0.20	0.28
Entradas¶	47	0.66	0.30	0.81***	0.27
Mestizos#	42	0.20*	0.34	0.71***	0.26
Poblaciones	2	0.07	0.40	1.88**	0.48
Mestizos/Poblaciones	40	0.70**	0.34	0.65***	0.26
Testigos	4	0.63	0.02	1.68**	0.12
Testigos vs Mestizos	1	0.76	0.22	0.40	0.00
Entradas x Localidades	188	0.68**	0.36	0.32*	0.25
Mestizos x Localidades	168	0.69***	0.36	0.33*	0.20
Poblaciones x Localidades	8	0.12	0.24	0.40	0.24
Mestizos/Poblaciones x Localidades	160	0.72***	0.37	0.33*	0.20
Testigos x Localidades	16	0.38	0.25	0.32	0.66
Testigos vs Mestizos x Localidades	4	0.67	0.69	0.43	0.05
Error	160	0.47	0.32	0.24	0.23
C.V. (%)		48.66	42.88	33.28	22.79
Media		2.04	1.22	1.72	3.74

\*: Significancia  $P \leq 0.05$ , \*\*: Significancia  $P \leq 0.01$ , \*\*\*: Significancia  $P \leq 0.001$ , †: Datos colectados en cuatro localidades, ‡: Datos colectados en dos localidades, §: Datos transformados por el método de la raíz cuadrada, ¶: Entrada: partición de suma de cuadrados en Mestizos, Testigos y Testigos vs Mestizos, #: Mestizos: partición de suma de cuadrados en Poblaciones y Mestizos/Poblaciones.

Cuadro B-1. Análisis de varianza de características agronómicas del ensayo 17ST1XRB (grupo heterótico "A"). Cuatro localidades, PV 2017.

Fuente de Variación	gl	Cuadrados Medios		
		Floración Masculina	Floración Femenina	Humedad‡
Localidades	3	9123.30***	8925.04***	30.52***
Repeticiones/Localidades	4	8.22***	12.41***	0.04*
Bloques/Repeticiones × Localidades	64	1.01	1.39*	0.03***
Entradas§	53	3.50***	3.67***	0.04***
Mestizos¶	44	2.54***	3.00***	0.04***
Poblaciones	2	2.54	0.31	0.13***
Mestizos/Poblaciones	42	2.51***	3.11***	0.037***
Testigos	8	9.22***	7.96***	0.06*
Testigos vs Mestizos	1	0.06	0.04	0.08*
Entradas × Localidades	159	1.61**	1.73***	0.02**
Mestizos × Localidades	132	1.44	1.45*	0.02***
Poblaciones × Localidades	6	1.21	1.19	0.03*
Mestizos/Poblaciones × Localidades	126	1.44	1.45	0.02***
Testigos × Localidades	24	9.22***	3.33**	0.02
Testigos vs Mestizos × Localidades	3	1.20	0.91	0.04
Error	149	1.06	0.96	0.01
C.V. (%)		1.47	1.40	2.73
Media		70.00	70.25	15.85

Cuadro B-1. Continuación...

Fuente de Variación	gl	Cuadrados medios			
		Altura Planta	Altura Mazorca	Aspecto Planta†	Aspecto Mazorca†
Localidades	3	68859.47***	53879.31***	-----	-----
Repeticiones/Localidades	4	375.19*	601.89**	0.15	0.04
Bloques/Repeticiones x Localidades	64	166.94*	168.17	0.09	0.06
Entradas§	53	567.49***	321.93***	0.20*	0.19***
Mestizos¶	44	491.37***	280.16**	0.19**	0.15*
Poblaciones	2	2159.35***	329.55	1.34***	0.53**
Mestizos/Poblaciones	42	386.55***	270.18**	0.11	0.13
Testigos	8	990.98***	638.54**	0.13	0.22**
Testigos vs Mestizos	1	188.31	6.96	1.23**	1.34**
Entradas x Localidades	159	147.58	162.19	-----	-----
Mestizos x Localidades	132	159.95*	150.37	-----	-----
Poblaciones x Localidades	6	214.22	211.20	-----	-----
Mestizos/Poblaciones x Localidades	126	156.66*	144.48	-----	-----
Testigos x Localidades	24	174.80	217.64	-----	-----
Testigos vs Mestizos x Localidades	3	44.13	327.41	-----	-----
Error	149	118.39	141.36	0.10	0.07
C.V. (%)		3.82	7.62	10.96	9.09
Media		285.04	156.09	2.88	2.84

Cuadro B-1. Continuación...

Fuente de Variación	gl	Cuadrados medios			
		Acame Raíz‡	Acame Tallo‡	Mala Cobertura‡	Pudrición Mazorca‡‡
Localidades	3	41.51***	4.55***	8.54***	-----
Repeticiones/Localidades	4	1.33	0.78	0.75*	0.37
Bloques/Repeticiones x Localidades	64	0.62	0.74**	0.26	0.12
Entradas§	53	1.00**	1.14***	0.23	0.23
Mestizos¶	44	1.06**	1.23***	0.25	0.25*
Poblaciones	2	1.05	2.68**	0.24	0.88**
Mestizos/Poblaciones	42	1.07**	1.17***	0.25	0.21
Testigos	8	0.29	0.02	0.15	0.11
Testigos vs Mestizos	1	1.72	1.67	0.05	0.44
Entradas x Localidades	159	1.01***	0.90***	0.23	-----
Mestizos x Localidades	132	1.08***	1.02***	0.23	-----
Poblaciones x Localidades	6	2.27**	1.81**	0.37	-----
Mestizos/Poblaciones x Localidades	126	1.06***	0.10***	0.22	-----
Testigos x Localidades	24	0.46	0.03	0.18	-----
Testigos vs Mestizos x Localidades	3	2.51*	0.68	0.01	-----
Error	149	0.58	0.41	0.26	0.14
C.V. (%)		53.40	52.13	37.99	17.68
Media		2.15	1.32	1.09	3.63

\*: Significancia  $P \leq 0.05$ , \*\*: Significancia  $P \leq 0.01$ , \*\*\*: Significancia  $P \leq 0.001$ , †: Datos colectados en una localidad, ‡: Datos transformados por el método de la raíz cuadrada, §: Entradas: partición de suma de cuadrados en Mestizos, Testigos y Testigos vs Mestizos, ¶: Mestizos: partición de suma de cuadrados en Poblaciones y Mestizos/Poblaciones.

Cuadro C-1. Promedios para rendimiento de grano, floración masculina, floración femenina y humedad en el grano de los cuarenta y tres mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRA (grupo heterótico "B"), ciclo P-V 2017.

Entrada	Genealogía	Rend t ha <sup>-1</sup>	Floración Masculina† d	Floración Femenina† d	Hum‡ %
1	(CL106951/LH181//CML384)-12-5-1/CSL1653	12.22	69.75	71.00	14.89
2	(CL106951/LH181//CML384)-19-4-1/CSL1653	12.30	70.50	71.13	14.79
3	(CL106951/LH181//CML384)-23-2-1/CSL1653	11.55	68.63	69.38	15.11
4	(CL106951/LH181//CML384)-23-3-1/CSL1653	11.33	69.38	69.75	14.55
5	(CL106951/LH181//CML384)-26-1-1/CSL1653	10.64	70.38	71.25	14.28
6	(CL106951/LH181//CML384)-44-1-1/CSL1653	10.63	70.63	72.00	14.75
7	(CL106951/LH181//CML384)-44-4-1/CSL1653	10.09	70.63	71.75	15.80
8	(CL106951/LH181//CML384)-48-1-1/CSL1653	11.70	69.63	70.13	15.53
9	(CL106951/LH181//CML384)-52-3-1/CSL1653	10.88	69.25	70.13	15.34
10	(CL106951/LH181//CML384)-55-1-1/CSL1653	10.73	68.75	69.88	14.56
11	(CL106951/LH181//CML384)-67-1-1/CSL1653	12.92	71.13	72.13	15.20
12	(CL106951/LH181//CML384)-68-1-1/CSL1653	12.28	68.75	69.75	14.58
13	(CL106951/LH181//CML384)-68-3-1/CSL1653	11.26	70.75	71.25	14.63
14	(CL106951/LH181//CML384)-86-2-1/CSL1653	11.20	68.63	69.63	14.22
15	(CL106951/LH181//CML384)-90-1-1/CSL1653	10.47	70.00	71.13	14.68
16	(CL106951/LH181//CML384)-90-4-1/CSL1653	11.25	68.88	70.00	14.82
17	(CML444/LH213//CL106951)-4-3-1/CSL1653	12.05	68.50	69.13	16.32
18	(CML444/LH213//CL106951)-10-1-1/CSL1653	11.30	69.13	70.00	15.02
19	(CML444/LH213//CL106951)-13-2-1/CSL1653	10.99	70.00	71.00	15.76
20	(CML444/LH213//CL106951)-13-2-2/CSL1653	11.95	68.50	69.25	15.49
21	(CML444/LH213//CL106951)-13-3-2/CSL1653	11.28	69.75	70.75	16.01
22	(CML444/LH213//CL106951)-14-2-1/CSL1653	11.40	69.00	69.63	14.88
23	(CML444/LH213//CL106951)-14-3-1/CSL1653	11.24	68.63	69.38	15.23
24	(CML444/LH213//CL106951)-19-2-1/CSL1653	12.48	70.13	69.88	14.64
25	(CML444/LH213//CL106951)-34-2-1/CSL1653	11.57	70.25	71.13	15.36
26	(CML444/LH213//CL106951)-34-2-2/CSL1653	11.57	70.25	70.75	16.50
27	(CML444/LH213//CL106951)-34-2-3/CSL1653	11.22	69.63	70.63	15.67
28	(CML444/LH213//CL106951)-36-1-1/CSL1653	10.59	69.88	71.00	15.16
29	(CML444/LH213//CL106951)-36-1-2/CSL1653	11.48	69.25	69.88	15.04
30	(CML444/LH213//CL106951)-36-2-1/CSL1653	11.13	70.25	71.25	16.38
31	(CML376/MM501D//CML384)-16-2-2/CSL1653	12.08	77.50	79.50	16.08
32	(CML376/MM501D//CML384)-27-3-1/CSL1653	10.81	69.50	70.50	15.92
33	(CML376/MM501D//CML384)-33-1-1/CSL1653	12.20	67.00	68.50	14.58
34	(CML376/MM501D//CML384)-37-1-1/CSL1653	11.69	67.75	69.00	15.33
35	(CML376/MM501D//CML384)-37-2-1/CSL1653	11.71	69.38	70.50	15.39
36	(CML376/MM501D//CML384)-37-3-1/CSL1653	10.82	69.63	70.75	15.73

Cuadro C-1. Continuación...

Entrada	Genealogía	Rend t ha-1	Floración		Hum‡ %
			Masculina† d	Femenina† d	
37	(CML376/MM501D//CML384)-37-4-1/CSL1653	11.20	69.38	69.75	14.51
38	(CML376/MM501D//CML384)-40-1-1/CSL1653	12.00	69.38	70.25	15.68
39	(CML376/MM501D//CML384)-41-1-1/CSL1653	10.49	69.00	70.13	14.82
40	(CML376/MM501D//CML384)-45-1-1/CSL1653	11.35	67.88	69.00	14.88
41	(CML376/MM501D//CML384)-47-1-1/CSL1653	11.25	68.25	69.38	15.18
42	(CML376/MM501D//CML384)-55-1-1/CSL1653	10.41	69.63	70.75	15.31
43	(CML376/MM501D//CML384)-64-1-1/CSL1653	10.06	69.38	70.25	15.72
	Testigos subtropicales	11.44	70.06	71.06	16.01
	Testigo Comercial	12.18	70.00	70.63	15.26
	DMS (a=0.05)	1.38	1.37	1.46	0.85
	CV %	13.48	1.91	2.01	2.74

Rend: rendimiento, Hum: humedad, †: datos colectados en cuatro localidades, ‡: datos transformados por el método de la raíz cuadrada.

Cuadro D-1. Promedios de altura de planta, altura de mazorca, aspecto de planta y aspecto de mazorca de los cuarenta y tres mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRA (grupo heterótico "B"), ciclo P-V 2017.

Entrada	Genealogía	Altura Planta cm	Altura Mazorca cm	Aspecto Planta† 1-5	Aspecto Mazorca† 1-5
1	(CL106951/LH181//CML384)-12-5-1/CSL1653	272.60	150.50	3.38	2.25
2	(CL106951/LH181//CML384)-19-4-1/CSL1653	267.60	147.10	3.38	2.50
3	(CL106951/LH181//CML384)-23-2-1/CSL1653	247.50	126.90	2.75	2.13
4	(CL106951/LH181//CML384)-23-3-1/CSL1653	247.20	130.50	2.38	2.50
5	(CL106951/LH181//CML384)-26-1-1/CSL1653	258.60	139.50	3.00	2.75
6	(CL106951/LH181//CML384)-44-1-1/CSL1653	252.80	132.60	3.63	3.25
7	(CL106951/LH181//CML384)-44-4-1/CSL1653	260.80	136.50	3.25	2.75
8	(CL106951/LH181//CML384)-48-1-1/CSL1653	264.30	133.40	3.38	2.75
9	(CL106951/LH181//CML384)-52-3-1/CSL1653	263.10	142.10	3.00	2.63
10	(CL106951/LH181//CML384)-55-1-1/CSL1653	252.70	139.40	3.63	2.88
11	(CL106951/LH181//CML384)-67-1-1/CSL1653	274.50	160.00	3.63	2.75
12	(CL106951/LH181//CML384)-68-1-1/CSL1653	266.60	140.90	2.88	2.88
13	(CL106951/LH181//CML384)-68-3-1/CSL1653	252.90	132.00	2.88	3.13
14	(CL106951/LH181//CML384)-86-2-1/CSL1653	257.40	135.90	3.38	2.63
15	(CL106951/LH181//CML384)-90-1-1/CSL1653	266.80	143.60	3.00	2.63
16	(CL106951/LH181//CML384)-90-4-1/CSL1653	264.90	142.80	3.13	2.50
17	(CML444/LH213//CL106951)-4-3-1/CSL1653	252.50	138.60	3.25	2.63
18	(CML444/LH213//CL106951)-10-1-1/CSL1653	249.80	143.40	2.88	2.50
19	(CML444/LH213//CL106951)-13-2-1/CSL1653	253.00	125.70	3.00	2.50
20	(CML444/LH213//CL106951)-13-2-2/CSL1653	244.90	123.20	2.75	2.38
21	(CML444/LH213//CL106951)-13-3-2/CSL1653	242.20	129.50	3.13	2.75
22	(CML444/LH213//CL106951)-14-2-1/CSL1653	249.10	133.60	2.88	2.50
23	(CML444/LH213//CL106951)-14-3-1/CSL1653	255.00	142.50	3.00	2.75
24	(CML444/LH213//CL106951)-19-2-1/CSL1653	256.80	143.00	3.13	2.75
25	(CML444/LH213//CL106951)-34-2-1/CSL1653	250.50	144.30	3.50	2.63
26	(CML444/LH213//CL106951)-34-2-2/CSL1653	247.90	146.20	2.88	3.00
27	(CML444/LH213//CL106951)-34-2-3/CSL1653	247.80	138.70	3.38	2.50
28	(CML444/LH213//CL106951)-36-1-1/CSL1653	248.80	137.70	3.38	2.88
29	(CML444/LH213//CL106951)-36-1-2/CSL1653	249.40	137.90	2.50	2.75
30	(CML444/LH213//CL106951)-36-2-1/CSL1653	248.50	135.50	3.25	2.50
31	(CML376/MM501D//CML384)-16-2-2/CSL1653	250.00	136.25	3.63	2.50
32	(CML376/MM501D//CML384)-27-3-1/CSL1653	264.20	142.10	3.13	2.63
33	(CML376/MM501D//CML384)-33-1-1/CSL1653	259.17	145.33	3.00	2.50
34	(CML376/MM501D//CML384)-37-1-1/CSL1653	259.00	136.20	2.38	2.13
35	(CML376/MM501D//CML384)-37-2-1/CSL1653	256.80	136.90	2.75	2.75
36	(CML376/MM501D//CML384)-37-3-1/CSL1653	252.00	130.10	3.00	3.13

Cuadro D-1. Continuación...

Entrada	Genealogía	Altura Planta cm	Altura Mazorca cm	Aspecto Planta† 1-5	Aspecto Mazorca† 1-5
37	(CML376/MM501D//CML384)-37-4-1/CSL1653	248.30	137.20	2.63	2.75
38	(CML376/MM501D//CML384)-40-1-1/CSL1653	260.30	138.30	3.25	3.13
39	(CML376/MM501D//CML384)-41-1-1/CSL1653	249.30	129.50	2.75	2.88
40	(CML376/MM501D//CML384)-45-1-1/CSL1653	247.50	126.40	2.50	2.50
41	(CML376/MM501D//CML384)-47-1-1/CSL1653	246.60	124.10	2.75	2.63
42	(CML376/MM501D//CML384)-55-1-1/CSL1653	246.40	125.80	2.88	2.75
43	(CML376/MM501D//CML384)-64-1-1/CSL1653	249.00	138.40	2.75	2.38
	Testigos subtropicales	254.63	139.98	3.16	2.81
	Testigo Comercial	257.30	124.40	1.50	1.63
	DMS ( $\alpha=0.05$ )	10.26	10.00	0.80	0.60
	CV, (%)	4.46	8.46	18.75	15.81

†: Datos colectados en dos localidades.

Cuadro E-1. Promedios de acame de raíz, acame de tallo, mala cobertura de marzorca y pudrición de los cuarenta y tres mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRA (grupo heterótico “B”), ciclo P-V 2017.

Entrada	Genealogía	Acame Raíz† %	Acame Tallo† %	Mala Cobertura† %	Pudrición Mazorca†‡ %
1	(CL106951/LH181//CML384)-12-5-1/CSL1653	2.23	1.32	0.17	3.33
2	(CL106951/LH181//CML384)-19-4-1/CSL1653	2.36	2.31	0.82	2.08
3	(CL106951/LH181//CML384)-23-2-1/CSL1653	0.15	0.48	1.21	2.98
4	(CL106951/LH181//CML384)-23-3-1/CSL1653	0.97	0.00	0.20	3.73
5	(CL106951/LH181//CML384)-26-1-1/CSL1653	5.91	0.74	0.49	4.48
6	(CL106951/LH181//CML384)-44-1-1/CSL1653	0.66	1.98	0.36	3.28
7	(CL106951/LH181//CML384)-44-4-1/CSL1653	0.92	0.58	0.79	4.55
8	(CL106951/LH181//CML384)-48-1-1/CSL1653	3.90	1.27	0.59	3.48
9	(CL106951/LH181//CML384)-52-3-1/CSL1653	0.63	0.00	1.41	3.83
10	(CL106951/LH181//CML384)-55-1-1/CSL1653	9.24	0.81	1.48	2.48
11	(CL106951/LH181//CML384)-67-1-1/CSL1653	0.28	0.68	0.41	1.73
12	(CL106951/LH181//CML384)-68-1-1/CSL1653	0.45	0.85	4.00	4.30
13	(CL106951/LH181//CML384)-68-3-1/CSL1653	1.69	0.47	1.20	2.83
14	(CL106951/LH181//CML384)-86-2-1/CSL1653	4.85	2.10	3.25	7.48
15	(CL106951/LH181//CML384)-90-1-1/CSL1653	0.68	0.16	0.57	2.23
16	(CL106951/LH181//CML384)-90-4-1/CSL1653	1.65	3.77	1.11	3.90
17	(CML444/LH213//CL106951)-4-3-1/CSL1653	1.95	0.64	1.78	4.13
18	(CML444/LH213//CL106951)-10-1-1/CSL1653	1.00	1.13	3.60	3.13
19	(CML444/LH213//CL106951)-13-2-1/CSL1653	6.85	0.61	2.88	4.08
20	(CML444/LH213//CL106951)-13-2-2/CSL1653	1.16	3.20	3.54	2.80
21	(CML444/LH213//CL106951)-13-3-2/CSL1653	2.48	0.73	1.02	4.68
22	(CML444/LH213//CL106951)-14-2-1/CSL1653	0.54	0.44	5.15	5.18
23	(CML444/LH213//CL106951)-14-3-1/CSL1653	1.43	1.28	1.56	3.08
24	(CML444/LH213//CL106951)-19-2-1/CSL1653	4.59	1.65	0.34	3.10
25	(CML444/LH213//CL106951)-34-2-1/CSL1653	0.99	4.02	1.91	5.60
26	(CML444/LH213//CL106951)-34-2-2/CSL1653	0.87	2.59	0.46	3.45
27	(CML444/LH213//CL106951)-34-2-3/CSL1653	2.09	1.14	1.63	3.88
28	(CML444/LH213//CL106951)-36-1-1/CSL1653	2.46	2.68	4.23	8.20
29	(CML444/LH213//CL106951)-36-1-2/CSL1653	0.96	0.89	4.37	4.15
30	(CML444/LH213//CL106951)-36-2-1/CSL1653	2.43	1.40	1.60	3.68
31	(CML376/MM501D//CML384)-16-2-2/CSL1653	3.68	4.63	1.13	3.35
32	(CML376/MM501D//CML384)-27-3-1/CSL1653	6.47	1.29	0.94	4.10
33	(CML376/MM501D//CML384)-33-1-1/CSL1653	0.88	1.63	0.75	2.48
34	(CML376/MM501D//CML384)-37-1-1/CSL1653	0.53	0.48	1.81	2.98
35	(CML376/MM501D//CML384)-37-2-1/CSL1653	2.85	1.16	5.39	3.00

Cuadro E-1. Continuación...

Entrada	Genealogía	Acame Raíz† %	Acame Tallo† %	Mala Cobertura† %	Pudrición Mazorca†‡ %
36	(CML376/MM501D//CML384)-37-3-1/CSL1653	0.95	0.00	2.30	2.53
37	(CML376/MM501D//CML384)-37-4-1/CSL1653	0.15	0.24	3.00	3.20
38	(CML376/MM501D//CML384)-40-1-1/CSL1653	0.41	1.71	0.43	3.23
39	(CML376/MM501D//CML384)-41-1-1/CSL1653	0.33	0.72	0.61	4.00
40	(CML376/MM501D//CML384)-45-1-1/CSL1653	0.16	0.16	0.73	1.70
41	(CML376/MM501D//CML384)-47-1-1/CSL1653	2.23	1.29	3.43	6.60
42	(CML376/MM501D//CML384)-55-1-1/CSL1653	1.60	0.95	0.59	3.70
43	(CML376/MM501D//CML384)-64-1-1/CSL1653	0.63	2.31	1.78	4.15
	Testigos subtropicales	2.71	0.87	0.60	3.64
	Testigo Comercial	0.59	0.81	4.30	4.18
	DMS ( $\alpha=0.05$ )	4.46	2.59	2.01	3.19
	CV %	48.66	42.88	33.28	22.79

†: datos transformados por el método de la raíz cuadrada, ‡: datos colectados en dos localidades.

Cuadro F-1. Promedios para rendimiento de grano, floración masculina, floración femenina y humedad de grano de cuarenta y cinco mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRB (grupo heterótico "A"), ciclo P-V 2017.

Entrada	Genealogía	Rend t ha <sup>-1</sup>	Floración Masculina d	Floración Femenina d	Hum† %
1	(CML311/PHW52//CML380)-4-1-1/CL420801	10.33	70.38	70.50	17.12
2	(CML311/PHW52//CML380)-18-1-1/CL420801	9.48	69.63	69.88	15.28
3	(CML311/PHW52//CML380)-22-2-1/CL420801	9.39	70.25	70.38	16.63
4	(CML311/PHW52//CML380)-23-1-1/CL420801	10.64	71.13	71.50	17.28
5	(CML311/PHW52//CML380)-24-1-1/CL420801	10.68	69.88	70.13	17.84
6	(CML311/PHW52//CML380)-30-1-1/CL420801	8.80	69.88	70.13	16.47
7	(CML311/PHW52//CML380)-30-2-1/CL420801	8.78	68.75	69.88	15.83
8	(CML311/PHW52//CML380)-34-2-1/CL420801	8.90	68.88	69.63	15.94
9	(CML311/PHW52//CML380)-36-1-1/CL420801	8.79	70.38	71.13	15.96
10	(CML311/PHW52//CML380)-50-1-1/CL420801	9.78	70.38	71.00	14.78
11	(CML311/PHW52//CML380)-51-3-1/CL420801	9.30	70.00	69.50	15.03
12	(CML311/PHW52//CML380)-58-2-1/CL420801	9.79	70.25	70.50	16.40
13	(CML311/PHW52//CML380)-59-1-1/CL420801	10.50	69.88	69.88	16.33
14	(CML311/PHW52//CML380)-59-2-2/CL420801	10.23	70.25	69.88	17.38
15	(CML373/PHHB9//CML380)-5-2-1/CL420801	9.55	69.88	70.50	15.85
16	(CML373/PHHB9//CML380)-8-3-1/CL420801	9.63	70.50	70.38	15.92
17	(CML373/PHHB9//CML380)-9-1-1/CL420801	9.19	70.38	71.13	15.81
18	(CML373/PHHB9//CML380)-10-1-1/CL420801	8.95	69.33	69.67	14.13
19	(CML373/PHHB9//CML380)-14-1-1/CL420801	9.53	68.67	68.50	14.92
20	(CML373/PHHB9//CML380)-18-2-1/CL420801	10.04	69.88	70.25	16.05
21	(CML373/PHHB9//CML380)-19-2-1/CL420801	10.51	70.13	70.38	15.63
22	(CML373/PHHB9//CML380)-23-1-1/CL420801	9.63	69.38	70.50	16.20
23	(CML373/PHHB9//CML380)-25-1-1/CL420801	9.95	69.25	69.63	16.08
24	(CML373/PHHB9//CML380)-26-2-1/CL420801	9.17	69.00	69.50	15.13
25	(CML373/PHHB9//CML380)-32-2-1/CL420801	9.94	70.38	70.38	16.44
26	(CML373/PHHB9//CML380)-37-1-1/CL420801	9.78	70.75	71.25	16.05
27	(CML373/PHHB9//CML380)-38-1-1/CL420801	9.31	69.75	70.50	16.21
28	(CML373/PHHB9//CML380)-39-1-1/CL420801	11.01	69.25	68.88	14.79
29	(CML373/PHHB9//CML380)-40-3-1/CL420801	9.83	69.38	69.75	15.45
30	(CML264/PHHB9//CML549)-7-2-1/CL420801	11.05	70.00	70.63	16.67

Cuadro F-1 Continuación...

Entrada	Genealogía	Rend t ha <sup>-1</sup>	Floración Masculina d	Floración Femenina d	Hum† %
31	(CML264/PHHB9//CML549)-8-2-1/CL420801	10.16	69.50	69.88	15.25
32	(CML264/PHHB9//CML549)-9-2-1/CL420801	12.03	69.75	70.25	15.65
33	(CML264/PHHB9//CML549)-21-2-1/CL420801	11.40	70.63	71.38	15.50
34	(CML264/PHHB9//CML549)-23-1-1/CL420801	10.34	70.00	70.00	14.98
35	(CML264/PHHB9//CML549)-26-1-1/CL420801	9.91	71.75	71.25	16.56
36	(CML264/PHHB9//CML549)-32-1-1/CL420801	11.19	70.25	70.50	15.84
37	(CML264/PHHB9//CML549)-36-1-1/CL420801	11.25	70.00	70.00	14.33
38	(CML264/PHHB9//CML549)-50-1-1/CL420801	11.05	69.25	69.38	14.66
39	(CML264/PHHB9//CML549)-56-1-1/CL420801	10.88	70.75	70.63	15.97
40	(CML264/PHHB9//CML549)-57-3-1/CL420801	10.84	69.88	69.25	16.29
41	(CML264/PHHB9//CML549)-59-1-1/CL420801	10.44	70.63	70.50	15.00
42	(CML264/PHHB9//CML549)-79-1-1/CL420801	9.86	69.17	68.67	14.95
43	(CML264/PHHB9//CML549)-87-1-1/CL420801	10.13	71.88	72.50	14.70
44	(CML264/PHHB9//CML549)-88-1-1/CL420801	10.16	69.25	69.25	14.91
45	(CML264/PHHB9//CML549)-94-1-1/CL420801	10.99	71.00	70.88	15.61
	Testigos subtropicales	10.99	70.28	70.55	16.10
	Testigos Comerciales	12.09	68.81	69.00	15.81
	DMS ( $\alpha=0.05$ )	0.99	1.04	0.99	0.99
	CV, (%)	9.55	1.47	1.40	2.73

Rend: rendimiento, hum: humedad, †: datos transformados por el método de la raíz cuadrada.

Cuadro G-1. Promedios de altura de planta, altura de mazorca, aspecto de planta y mazorca de cuarenta y cinco mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRB (grupo heterótico "A"), ciclo P-V 2017.

Entrada	Genealogía	Altura Planta cm	Altura Mazorca cm	Aspecto Planta† 1-5	Aspecto Mazorca† 1-5
1	(CML311/PHW52//CML380)-4-1-1/CL420801	287.63	158.63	3.00	3.00
2	(CML311/PHW52//CML380)-18-1-1/CL420801	280.75	157.75	3.25	3.50
3	(CML311/PHW52//CML380)-22-2-1/CL420801	277.38	148.13	3.00	2.75
4	(CML311/PHW52//CML380)-23-1-1/CL420801	291.00	170.13	2.50	2.75
5	(CML311/PHW52//CML380)-24-1-1/CL420801	283.00	148.50	3.00	2.75
6	(CML311/PHW52//CML380)-30-1-1/CL420801	277.75	146.63	3.50	3.50
7	(CML311/PHW52//CML380)-30-2-1/CL420801	291.75	162.25	3.25	3.00
8	(CML311/PHW52//CML380)-34-2-1/CL420801	275.38	152.00	3.25	3.00
9	(CML311/PHW52//CML380)-36-1-1/CL420801	268.00	145.13	3.50	3.50
10	(CML311/PHW52//CML380)-50-1-1/CL420801	290.38	171.25	3.25	3.00
11	(CML311/PHW52//CML380)-51-3-1/CL420801	278.33	156.50	3.25	3.00
12	(CML311/PHW52//CML380)-58-2-1/CL420801	285.38	165.25	3.25	3.00
13	(CML311/PHW52//CML380)-59-1-1/CL420801	284.25	153.88	2.75	3.00
14	(CML311/PHW52//CML380)-59-2-2/CL420801	288.25	162.63	2.75	3.00
15	(CML373/PHHB9//CML380)-5-2-1/CL420801	274.00	148.00	3.50	3.50
16	(CML373/PHHB9//CML380)-8-3-1/CL420801	282.63	159.50	3.25	2.75
17	(CML373/PHHB9//CML380)-9-1-1/CL420801	278.38	156.13	3.25	3.25
18	(CML373/PHHB9//CML380)-10-1-1/CL420801	288.33	166.67	3.25	2.50
19	(CML373/PHHB9//CML380)-14-1-1/CL420801	260.83	137.83	2.75	2.75
20	(CML373/PHHB9//CML380)-18-2-1/CL420801	297.50	158.50	3.50	3.25
21	(CML373/PHHB9//CML380)-19-2-1/CL420801	286.25	154.88	2.75	3.00
22	(CML373/PHHB9//CML380)-23-1-1/CL420801	278.13	139.50	3.00	3.00
23	(CML373/PHHB9//CML380)-25-1-1/CL420801	266.75	139.75	3.00	2.50
24	(CML373/PHHB9//CML380)-26-2-1/CL420801	285.83	150.50	3.25	3.00
25	(CML373/PHHB9//CML380)-32-2-1/CL420801	284.75	156.13	3.00	3.25
26	(CML373/PHHB9//CML380)-37-1-1/CL420801	290.75	161.00	3.00	2.50
27	(CML373/PHHB9//CML380)-38-1-1/CL420801	290.13	161.63	3.25	3.25
28	(CML373/PHHB9//CML380)-39-1-1/CL420801	280.00	162.63	2.75	2.75
29	(CML373/PHHB9//CML380)-40-3-1/CL420801	280.13	145.38	3.00	3.00
30	(CML264/PHHB9//CML549)-7-2-1/CL420801	282.63	147.88	2.50	3.00
31	(CML264/PHHB9//CML549)-8-2-1/CL420801	283.13	149.38	3.00	2.75
32	(CML264/PHHB9//CML549)-9-2-1/CL420801	299.50	155.00	2.50	2.75
33	(CML264/PHHB9//CML549)-21-2-1/CL420801	295.63	162.75	2.50	2.50

Cuadro G-1. Continuación...

Entrada	Genealogía	Altura	Altura	Aspecto	Aspecto
		Planta cm	Mazorca cm	Planta† 1-5	Mazorca† 1-5
34	(CML264/PHHB9//CML549)-23-1-1/CL420801	290.25	154.75	2.75	2.50
35	(CML264/PHHB9//CML549)-26-1-1/CL420801	296.38	161.13	2.50	2.50
36	(CML264/PHHB9//CML549)-32-1-1/CL420801	292.75	168.13	2.50	2.75
37	(CML264/PHHB9//CML549)-36-1-1/CL420801	294.13	160.63	2.50	2.75
38	(CML264/PHHB9//CML549)-50-1-1/CL420801	291.25	156.63	2.50	3.00
39	(CML264/PHHB9//CML549)-56-1-1/CL420801	288.88	159.13	2.75	2.75
40	(CML264/PHHB9//CML549)-57-3-1/CL420801	296.00	161.25	2.50	2.75
41	(CML264/PHHB9//CML549)-59-1-1/CL420801	298.50	162.00	2.75	3.00
42	(CML264/PHHB9//CML549)-79-1-1/CL420801	285.83	159.17	2.50	2.25
43	(CML264/PHHB9//CML549)-87-1-1/CL420801	301.13	165.88	2.75	2.50
44	(CML264/PHHB9//CML549)-88-1-1/CL420801	264.00	146.13	3.00	3.00
45	(CML264/PHHB9//CML549)-94-1-1/CL420801	289.75	159.13	2.50	2.50
	Testigos subtropicales	284.26	158.43	2.68	2.68
	Testigos Comerciales	282.38	146.75	2.38	2.25
	DMS ( $\alpha=0.05$ )	10.95	11.97	0.64	0.52
	CV, (%)	3.82	7.62	10.96	9.09

†: datos colectados en una localidad.

Cuadro H-1. Promedios de acame de raíz, acame de tallo, mala cobertura de mazorca y pudrición de cuarenta y cinco mestizos evaluados en el ensayo 17ST1XRB (grupo heterótico “A”), ciclo P-V 2017.

Entrada	Genealogía	Acame	Acame	Mala	Pudrición
		Raíz‡ %	Tallo‡ %	Cobertura‡ %	Mazorca†‡ %
1	(CML311/PHW52//CML380)-4-1-1/CL420801	0.21	0.80	0.45	1.65
2	(CML311/PHW52//CML380)-18-1-1/CL420801	6.39	0.39	1.26	3.25
3	(CML311/PHW52//CML380)-22-2-1/CL420801	0.25	9.29	2.53	2.50
4	(CML311/PHW52//CML380)-23-1-1/CL420801	0.96	0.60	1.63	2.40
5	(CML311/PHW52//CML380)-24-1-1/CL420801	2.25	0.39	0.00	4.35
6	(CML311/PHW52//CML380)-30-1-1/CL420801	2.66	1.99	1.40	3.40
7	(CML311/PHW52//CML380)-30-2-1/CL420801	3.15	1.18	1.66	5.85
8	(CML311/PHW52//CML380)-34-2-1/CL420801	0.20	3.39	0.00	2.55
9	(CML311/PHW52//CML380)-36-1-1/CL420801	0.69	0.00	1.79	5.15
10	(CML311/PHW52//CML380)-50-1-1/CL420801	1.28	17.34	1.39	2.55
11	(CML311/PHW52//CML380)-51-3-1/CL420801	1.05	0.28	1.90	3.25
12	(CML311/PHW52//CML380)-58-2-1/CL420801	1.81	0.21	0.21	3.20
13	(CML311/PHW52//CML380)-59-1-1/CL420801	0.00	0.00	1.00	4.00
14	(CML311/PHW52//CML380)-59-2-2/CL420801	0.46	0.00	0.86	3.35
15	(CML373/PHHB9//CML380)-5-2-1/CL420801	7.01	4.68	1.69	8.15
16	(CML373/PHHB9//CML380)-8-3-1/CL420801	3.53	9.95	1.51	3.25
17	(CML373/PHHB9//CML380)-9-1-1/CL420801	0.40	3.03	0.68	7.00
18	(CML373/PHHB9//CML380)-10-1-1/CL420801	4.60	0.00	1.82	3.25
19	(CML373/PHHB9//CML380)-14-1-1/CL420801	5.42	0.68	0.72	3.25
20	(CML373/PHHB9//CML380)-18-2-1/CL420801	2.29	0.20	0.39	8.95
21	(CML373/PHHB9//CML380)-19-2-1/CL420801	0.19	0.20	0.84	2.45
22	(CML373/PHHB9//CML380)-23-1-1/CL420801	3.20	0.23	1.45	6.60
23	(CML373/PHHB9//CML380)-25-1-1/CL420801	4.89	0.00	1.25	4.90
24	(CML373/PHHB9//CML380)-26-2-1/CL420801	1.88	0.27	0.40	2.45
25	(CML373/PHHB9//CML380)-32-2-1/CL420801	1.21	0.20	0.81	8.85
26	(CML373/PHHB9//CML380)-37-1-1/CL420801	0.39	0.61	0.21	2.50
27	(CML373/PHHB9//CML380)-38-1-1/CL420801	2.25	0.65	1.00	7.60
28	(CML373/PHHB9//CML380)-39-1-1/CL420801	0.41	0.00	0.19	3.25
29	(CML373/PHHB9//CML380)-40-3-1/CL420801	0.00	0.00	0.88	6.15
30	(CML264/PHHB9//CML549)-7-2-1/CL420801	2.15	0.63	1.95	2.35
31	(CML264/PHHB9//CML549)-8-2-1/CL420801	14.04	0.00	0.44	3.15
32	(CML264/PHHB9//CML549)-9-2-1/CL420801	0.23	0.00	2.65	3.30

Cuadro H-1. Continuación...

Entrada	Genealogía	Acame	Acame	Mala	Pudrición
		Raíz‡	Tallo‡	Cobertura‡	Mazorca‡‡
		%	%	%	%
33	(CML264/PHHB9//CML549)-21-2-1/CL420801	10.53	0.21	1.68	3.05
34	(CML264/PHHB9//CML549)-23-1-1/CL420801	1.19	4.16	2.16	2.40
35	(CML264/PHHB9//CML549)-26-1-1/CL420801	5.45	0.68	1.29	2.40
36	(CML264/PHHB9//CML549)-32-1-1/CL420801	1.68	0.00	0.78	2.75
37	(CML264/PHHB9//CML549)-36-1-1/CL420801	2.56	0.43	0.00	4.70
38	(CML264/PHHB9//CML549)-50-1-1/CL420801	0.00	1.89	1.30	1.45
39	(CML264/PHHB9//CML549)-56-1-1/CL420801	2.65	0.00	0.45	2.40
40	(CML264/PHHB9//CML549)-57-3-1/CL420801	1.44	0.43	0.23	1.65
41	(CML264/PHHB9//CML549)-59-1-1/CL420801	1.85	0.25	0.23	2.95
42	(CML264/PHHB9//CML549)-79-1-1/CL420801	0.82	0.87	0.75	2.95
43	(CML264/PHHB9//CML549)-87-1-1/CL420801	3.05	0.31	0.94	3.10
44	(CML264/PHHB9//CML549)-88-1-1/CL420801	0.00	0.00	2.43	4.00
45	(CML264/PHHB9//CML549)-94-1-1/CL420801	0.46	2.18	1.46	2.30
	Testigos subtropicales	0.95	0.16	1.25	3.03
	Testigos Comerciales	1.23	0.00	0.69	2.00
	DMS ( $\alpha=0.05$ )	5.24	5.10	2.10	3.77
	CV, (%)	53.40	52.13	37.99	17.68

†: datos colectados en una localidad, ‡: datos transformdos por el método de la raíz cuadrada.