

## **Comportamiento agronómico de híbridos de maíz formados con líneas tropicales sobresalientes**

PALAFIX-CABALLERO, Artemio, RODRÍGUEZ-MONTALVO, Flavio A., SIERRA-MACÍAS, Mauro, MEZA-PABLO, Andrés y TEHUACATL-SÁNCHEZ, Leticia

A. Palafox, F. Rodríguez, M. Sierra, A. Meza y L. Tehuacatl

^Investigador del Programa de Maíz, INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla

``Profesor Investigador Universidad Veracruzana campus Córdoba

``Estudiante de Licenciatura Universidad Veracruzana campus Córdoba.

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## Abstract

Corn in Mexico, reports an average yield of 3.2 t ha<sup>-1</sup>. The corn yield could be increased using single or three way crosses formed with productive inbred lines. Thus, during the spring summer season in 2014, in Cotaxtla experimental station, INIFAP, there were evaluated 45 new maize hybrids, which of them, 39 were three way crosses, six were double crosses, and four commercial hybrids used as checks. These hybrids were planted in alpha lattice design 7x7, three replications, in plant density with 62500 plants per hectare. There was found high significant differences for grain yield, harvesting index, days to tassel and silking, plant and ear aspect and sanity.

## 6 Introducción

En México cada año se siembran con maíz 8.5 millones de hectáreas, las cuales aportan el 18% del valor de la producción del sector agrícola, particularmente durante 2013 la producción alcanzó 22.6 millones de toneladas (SIAP, 2014). En los países en desarrollo como México, aproximadamente cerca del 44% de la superficie es sembrada con semilla híbrida, 14% con variedades mejoradas de polinización libre (VPL) y 42% con variedades nativas. Los híbridos aumentan la producción y la productividad y garantizan la calidad de las cosechas, obteniendo mayores rendimientos al agricultor, haciéndolas más competitivas, comparadas con el uso de variedades de polinización libre y con variedades nativas. Este cultivo constituye el alimento básico de millones de habitantes en todo el mundo. Aporta entre el 15 y 56% de todas las calorías ingeridas por los seres humanos (Prasanna *et al.*, 2001). En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y para la producción de etanol; mientras que en la mayoría de los países de América Latina y cada vez más en países africanos, un gran porcentaje del maíz que se produce o se importa se destina al consumo humano. En este sentido, el maíz ha sido y sigue siendo un factor de sobrevivencia para los campesinos e indígenas que habitan en la mayoría de los países (Serratos, 2009). El uso de maíz ensilado se convierte en una reserva alimenticia para épocas de sequía o de limitada producción de forraje, lo que contribuye a equilibrar el contenido de nutrientes de la dieta y la variación en la producción animal; sin embargo, la utilización de ensilajes debe ser rentable para ser incluido en los sistemas de producción y alimentación (Cowan, 2001). A pesar del incremento en la producción de maíz en México, la dependencia en sus importaciones aumentó de 7% en 1990, hasta 34% durante 2008, como parte de la creciente importación generalizada de granos estratégicos provenientes de Estados Unidos. El rendimiento nacional alcanza en promedio 3.2 t ha<sup>-1</sup>, siendo de 2.2 t ha<sup>-1</sup> de temporal y el de riego de 7.5 t ha<sup>-1</sup>. Todas las entidades del país presentan algún nivel de producción, pero en el 2013 los principales fueron Chiapas con 14%, Jalisco (11%), Veracruz (11%), Puebla (11%), México (10%), Oaxaca (10%), Michoacán (9%), Sinaloa (8%), Guerrero (8%) y Guanajuato (8%), respectivamente (SIAP, 2014).

Uno de los principales problemas en el cultivo de maíz en México es la dualidad en la producción: por un lado, una sexta parte de la superficie se encuentra concentrada en el norte del país, en regiones altamente tecnificadas y cultivadas bajo condiciones de riego, donde los productores de este cultivo obtiene altos rendimientos, cercanos a sus homólogos de Estados Unidos; por otro lado, la mayor parte de la producción es de temporal y está dispersa por todo el país, en pequeñas unidades de producción y rendimientos muy bajos.

De 1940 a 1996 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha contribuido con la generación de 189 maíces mejorados, que consisten en híbridos, variedades de polinización libre y variedades sintéticas.

Bejarano (2003), indicó que el rendimiento de maíz se podría incrementar utilizando híbridos simples mediante el desarrollo de líneas endogámicas más vigorosas y productivas. No obstante, se debe tener en cuenta que la producción de semilla híbrida es más costosa que la multiplicación de cultivares de polinización abierta; por lo tanto, el comportamiento de un híbrido debe ser superior al de otros tipos de cultivares disponibles, para que se justifique su costo.

Uno de los retos a que se enfrentan los agricultores y las instituciones del sector agropecuario es la necesidad de incrementar la producción de maíz; pero esto no se logrará con la siembra de una mayor superficie del cultivo, sino con el aumento de la productividad. En México se están haciendo grandes esfuerzos para aumentar el rendimiento de grano de maíz, atendiendo a la importancia que tiene como alimento, como forraje y como materia prima para la industria. (Silva, 2014; Martínez *et al.*, 2005). La siembra de variedades mejoradas e híbridos ofrece la perspectiva de un rápido y considerable aumento en la productividad de este cereal.

En respuesta a lo anterior, se planteó la presente investigación, la cual se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano de 2014, en el Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El objetivo de este trabajo fue conocer la capacidad productiva y las características agronómicas de nuevos híbridos de maíz de grano blanco y amarillo. Se evaluaron 45 nuevos híbridos de maíz, de los cuales 39 fueron cruza trilineales y seis cruza dobles, con cuatro testigos.

## 6.1 Metodología

**Localización.** La investigación se condujo en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, en el estado de Veracruz, bajo condiciones de temporal correspondientes al ciclo primavera-verano 2014. Esta localidad se ubica geográficamente a los 18°56' LN y 96°11' LO, a una altitud de 14 msnm; en el km 34.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, del municipio de Medellín de Bravo, Veracruz.

**Material genético.** El experimento estuvo constituido por 45 nuevos híbridos de maíz, de los cuales 39 son cruza trilineales y 6 cruza dobles formados a partir de la cruza de tres y cuatro líneas de grano blanco y amarillo; así como cuatro híbridos comerciales que se utilizaron como testigos: H-564C, H-520, Monsanto 1 x HS-55 y Monsanto 2 x HS-23; según se muestra en el Cuadro 1. H-564C y H-520 generados por el INIFAP, así como dos cruza de materiales de empresas comerciales Monsanto 1 x HS-55 y Monsanto 2 x HS-23.

**Diseño experimental.** El diseño experimental empleado fue un alpha lattice 7 x 7 (Barreto, 1999), con tres repeticiones. Se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables en estudio. La parcela experimental constó de un surco de 5 metros de largo por 0.8 metros de ancho. Las variables que resultaron significativas se analizaron mediante la prueba de Duncan, para comparar las medias a un nivel de significancia de 1% y 5%.

**Principales variables.** Durante el desarrollo del cultivo y la cosecha se midieron y registraron las siguientes variables: 1. Rendimiento de Grano, a humedad constante del 14%; 2. Días a floración masculina, contados de la fecha de siembra hasta que el 50% de las plantas emitieron espiga; 3. Días a Floración Femenina, contados desde la fecha de siembra hasta que el 50% de las plantas habían expuesto los estigmas; 4. Altura de Planta, desde la base del tallo hasta el nacimiento de la hoja bandera; 5. Altura de Mazorca, de la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior principal; 6. Sanidad de Planta, 7. Sanidad de Mazorca, 8. Aspecto de Planta, 9.

Aspecto de mazorca, tomando en cuenta uniformidad, tamaño, color y textura de grano; las variables de la 6 a la 9 se registraron con base a la apreciación visual, mediante una escala de 1 a 5, donde 1 fue excelente y 5 deficiente. 10. Acame de raíz, plantas con una inclinación de 30° o más; 11. Acame de tallo, plantas con tallos rotos debajo de la mazorca principal, 12. Plantas Enfermas, principalmente con síntomas de achaparramiento; 13. Plantas con Mala Cobertura, con protección deficiente del totemoxtle; 14. Mazorcas Podridas. 15. Rendimiento de forraje, el cual se midió tomando una planta por parcela a los 76 DDS multiplicando por el número de plantas por parcela y se extrapoló para estimar el rendimiento de forraje por hectárea; 16. Índice de área foliar, tomado con base en el largo y ancho de la hoja de la inserción de la mazorca y multiplicado por el número de hojas de la planta; 17. Índice de cosecha, el cual se obtuvo dividiendo el peso de la mazorca entre el peso de la planta seca.

**Tabla 6** Relación de híbridos evaluados durante 2014, Campo Experimental Cotaxtla

Tratamiento	Genealogía
1	LT-158 X LT-159) X CLWN345
2	(LT-154 X LT-155) X CLWN345
3	(CLWN218 X CLRCW-105) X (LT-154 X LT-155)
4	(LT-158 X LT-159) X D2 (CO2)
5	(CLWN218 X CLRCW-105) X D2 (CO2)
6	(LT-154 X LT-155) X LT-155
7	(CLWN218 X CLRCW-105) X LT-156
8	(CLWN218 X CLRCW-105) X (LT-164 X LT-165)
9	(LT-158 X LT-159) X LT-156
10	(LT-154 X LT-155) X LT-160
11	(LT-162 X LT-161) X LT-163
12	(CLWN218 X CLRCW-105) X CLWN247
13	(CLRCW-105 X CLWN218) X CLWN247
14	(LT-169 X LT-170) X CLWN306
15	(LT-171 X LT-172) X CLWN306
16	(LT-164 X LT-165) X CLWN306
17	(LT-169 X LT-170) X CLWN345
18	(LT-171 X LT-172)XCLWN345
19	(CLRCW-105 X CLWN218) X CLWN345
20	(LT-164 X LT-165) X CLWN345
21	(LT-154 X LT-155) X D2 (CO2)
22	(LT-164 X LT-165) X LT-155
23	(LT-169 X LT-170) X LT-155
24	(CLRCW-105 X CLWN218) X LT-155
25	(LT-164 X LT-165) X LT-156
26	(LT-164 X LT-165) X LT-160
27	(CLRCW-105 X CLWN218) X LT-160
28	(LT-169 X LT-170) X LT-160
29	(LT-171 X LT-172)XLT-160
30	(LT-171 X LT-172) X LT-166
31	(CLRCW-105 X CLWN218) X LT-166
32	(LT-164 X LT-165) X LT-166
33	(LT-169 X LT-170) X LT-166
34	(LT-164 X LT-165) X T12 RC522 (T-48)
35	(LT-164 X LT-165) X LT-154 X CML-144)RC2 X LT-154RC2-1-1
36	(LT-164 X LT-165) X LT-158 X LT-159
37	(LT-164 X LT-165) X LT-154 X LT-155
38	(LT-164 X LT-165) X CLWN218 X CLRCW105
39	(LT-154 X LT-155) X (LT-164 X LT-165)
40	(LT-158 X LT-159) X (LT-164 X LT-165)
41	(LT-154 X LT-155) X CLWN218 X CLRCW105
42	(LT-154 X LT-155) X LT-158 X LT-159
43	HE-1B
44	HE-3B
45	HE-5B
46	H-564C
47	H-520
48	MONSANTO 1 X HS-55

**Manejo agronómico.** El manejo del cultivo se llevó a cabo mediante las recomendaciones generadas por el INIFAP para la región central de Veracruz (Tinoco et al, 2002). La preparación del terreno se realizó en forma mecanizada y consistió en un paso de barbecho con un arado de discos, una rastra y posteriormente el surcado. La siembra se realizó el día 15 de agosto de 2014, a tapa pie, depositando dos semillas por mata cada 20 cm y posteriormente se realizó un aclareo a los 20 días después de la siembra, dejando una planta por mata, para obtener una densidad de 62,500 plantas por hectárea. Para el control de malezas se efectuaron dos aplicaciones de herbicidas, la primera un día después de la siembra, utilizando la mezcla de Glifosato más Atrazina 37%, y una segunda con Nicosulfuron, a los 48 DDS. Se controlaron las principales plagas que afectaron al cultivo como: gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) con aplicaciones directas a la planta del insecticida Permetrina, para el caso de infestaciones por diabrotica (*Diabrotica speciosa*) se aplicó Cipermetrina. La fertilización se dio mediante la fórmula 207N-69P-30K, en dos aplicaciones: la primera a los 13 DDS, aplicando la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y todo el potasio; la segunda a los 36 DDS, aplicando el resto del nitrógeno. La cosecha se realizó el 01 de diciembre de 2014, a los 107 DDS.

## 6.2 Resultados

Durante el desarrollo del cultivo, en el momento oportuno para cada etapa fenológica del cultivo se tomaron los datos para las diferentes variables. La cosecha se realizó el 01 de diciembre de 2014, a los 107 DDS; cosechando todas las unidades experimentales en donde se contabilizó el número de mazorcas totales. Para medir las variables relacionadas con el rendimiento de forraje, se cortó una planta por parcela al llegar los 76 DDS, registrando el peso en verde. Posteriormente con el número total de plantas de la parcela se calculó el peso total de cada unidad experimental. El análisis de varianza (ANOVA), para el factor de variación híbridos, se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para rendimiento de grano, índice de cosecha, días a floración masculina, días a floración femenina, calificación de planta, calificación de mazorca, sanidad de planta y sanidad de mazorca. El haber encontrado diferencias, indica la existencia de diversidad genética en los híbridos evaluados y que estas responden de manera diferente al ambiente y manejo agronómico.

**Tabla 6.1** Cuadrados medios y coeficiente de variación de las variables agronómicas evaluadas en 49 híbridos de maíz. Campo Experimental Cotaxtla. Ciclo P-V 2014

Fuente de Variac.	G.L	RG (Kg ha <sup>-1</sup> )	IC	DFM	CPT	CMZ	SPT	SMZ
Híbridos	48	2752028**	0.02**	5.0**	0.3**	0.3**	0.2**	0.3**
Bloques	2	4221669ns	0.01ns	0.4ns	0.1*	0.4*	0.3ns	0.1ns
Error	96	1667	0.01	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1
C.V. (%)		23.2	27.38	1.8	14.0	14.0	14.1	12.8
Promedio		5692	0.3	53	2.3	2.4	2.2	2.4

\* $P \leq 0.05$ , \*\*0.01 de probabilidad; ns=no significativa; RG=rendimiento de grano; IC= índice de cosecha; DFM=días a floración masculina; DFF=días a floración femenina; CPT= calificación de planta; CMZ=calificación de mazorca; SPT=sanidad de planta; SMZ= sanidad de mazorca.

**Características agronómicas y potencial de rendimiento para grano.** Con relación al rendimiento de grano el mejor desempeño lo obtuvieron las cruzas trilineales 32 (LT-164 X LT-165) X LT-166, 9 (LT-158 X LT-159) X LT-156, y 24 (CLRCW-105 X CLWN218) X LT-155 con 7601, 7008, 6940 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente; no obstante, existió un grupo de 23 cruzas que presentaron rendimientos arriba de la media general (5700 kg ha<sup>-1</sup>). Estas similitudes entre el grupo superior puede adjudicarse a que hay coincidencia en una o dos líneas que integran su estructura como híbridos. La cruz 32 superó en 35% al promedio obtenido por los testigos H-564C, H-520, Monsanto 1 X HS-55 y Monsanto 2 X HS-23, lo que refleja la mejor adaptación de estos genotipos a las condiciones de la región de estudio; es decir, existen nuevos híbridos que poseen mejores características en términos de comportamiento agronómico y adaptación al ambiente, debido a la alta capacidad productiva de las líneas que la integran. Resultados similares son informados por Sierra (1993), en un grupo de híbridos de maíz de cruz 24. Al igual que los obtenidos por Tosquy y colaboradores (1995), en la cruz 24 y Guerra y colaboradores (2003), en un grupo de híbridos. La adaptabilidad de los genotipos es importante porque permite conocer la respuesta a los diferentes ambientes definidos por el clima, el suelo y el manejo agronómico (Eberhart y Russell, 1966). Al realizar una comparación de las cruzas más sobresalientes en rendimiento de grano con tres testigos comerciales y uno próximo a liberarse, queda confirmado que las combinaciones trilineales son una buena opción. Ya que además de su productividad de grano, presenta ventajas en la producción de semilla, al ser menos complicada su conformación y más sencillo mantener su calidad genética (Espinosa *et al.*, 1999).

Las diferencias estadísticas entre genotipos, indican diferentes comportamientos entre ellos. Al comparar el promedio de la floración se observó que la floración masculina y femenina ocurrió en promedio a los 53 y 54 días, respectivamente. Se observó que algunos materiales que mostraron un comportamiento ciclo precoz como las cruzas 6, 7, 22, 24, 25, 32 y 35 debido a cruzamiento con las líneas de ciclo precoz LT-155 y LT-156. Vargas y colaboradores (2014), mencionan que los días a floración son influenciados por el ambiente en función de la altura sobre el nivel del mar y la temperatura, existen materiales que por su origen tropical, reducen sus días a floración en lugares cálidos y en lugares con mayor altura sobre el nivel y menor temperatura aumentan los días a floración. Las floraciones observadas muestran una ventaja importante para los productores que siembran en fechas retrasadas (Espinosa *et al.*, 2010). De acuerdo con Barrales y colaboradores (1984), los maíces precoces generalmente alcanzan evadir los periodos de deficiencias de agua que se manifiestan cuando hay baja precipitación pluvial.

En cuanto al cruzamiento con las líneas de ciclo precoz LT-155 y LT-156. Vargas y colaboradores (2014), mencionan que los días a floración son influenciados por el ambiente en función de la altura sobre el nivel del mar y la temperatura, existen materiales que por su origen tropical, reducen sus días a floración en lugares cálidos y en lugares con mayor altura sobre el nivel del mar y menor temperatura aumentan los días a floración. Las floraciones observadas representan una ventaja importante para los productores que siembran en fechas retrasadas (Espinosa *et al.*, 2010). De acuerdo con Barrales y colaboradores (1984), los maíces precoces generalmente alcanzan evadir los periodos de deficiencias de agua.

Con respecto a las calificaciones visuales de planta y mazorca, la cruz 24 (CLRCW-105 X CLWN218) X CLWN247, resultó ser la mejor, con una calificación de mazorca de 1.7 y una calificación de planta de 1.8. Por otro lado, las cruzas con mayor rendimiento (LT-164 X LT-165) X LT-166 y (LT-158 X LT-159) X LT-156, obtuvieron buena calificación de planta y de mazorca. También en la variable de sanidad de planta resultaron las cruzas 41, 13, 12, 47, 35, 18 con una buena calificación con valores menores a 2.2 en sanidad de planta y mazorca.

**Características vegetativas y rendimiento e índice de área foliar para forraje.** En los resultados de análisis de varianza, para el factor de variación híbridos, se muestran diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.01$ ), en todas las variables bajo estudio. Así mismo, se detectaron bajos coeficientes de variación, lo que sugiere un buen manejo y conducción del experimento (Cuadro 6.2).

**Tabla 6.2** Cuadrados medios y coeficientes de variación de las características vegetativas, rendimiento e índice de área foliar para forraje, evaluadas en 49 híbridos de maíz. Campo Experimental Cotaxtla. Ciclo P-V 2014

Fuente de variación	G.L	APT (cm)	AMZ (cm)	AMZ/PTA	RF (kg ha <sup>-1</sup> )	IAF (cm <sup>2</sup> )
Híbridos	48	341.5**	182.9**	0.002**	168196083**	342.8*
Bloques	2	383.8ns	246.8*	0.001ns	14411895ns	174.9ns
Error	96	137.6	64.8	0.001	74736	227.9
C.V. (%)	1.8	6.1	8.7	5.4	23.3	20.4
Promedio		192	93	0.5	37112	74.04

\* $P \leq 0.05$ , \*\*0.01 de probabilidad; NS=no significativa; APT= altura de planta; AMZ=altura de mazorca; AMZ/PTA=relación altura de mazorca/altura de planta; RF=rendimiento de forraje fresco; IAF=índice de área foliar.

La altura de planta es importante para definir genotipos con menor altura, tolerantes al acame y poder disminuir riesgos en la producción. Los resultados indican como mayor altura a las cruza 9, 12, 13, 14, 18, 23, 24, 29, 30, 31, 33, 35, 41, 44, 49 que se registró con una altura por arriba de 200 cm., los de menor altura fueron los tratamientos 1, 3, 6, 11, 16, 22, 36 y 40; el resto se consideran de altura intermedia. Tosquy y colaboradores (2005), mencionan que los valores medios de la mayoría de los híbridos, sugieren un porte y posición de mazorca intermedia (menor de 240 y de 140 cm para mazorca). De la Cruz y colaboradores (2009) y Sierra y colaboradores (2008), sugieren la importancia de obtener materiales de porte bajo y reducir los problemas de acame, debido a la presencia de vientos “nortes” en la región costera principalmente durante los meses de octubre a marzo. La selección de plantas de mazorca baja ha resultado efectiva tal como lo sustentan los trabajos de Vera y Crane (1970).

Actualmente los programas de mejoramiento genético buscan genotipos con una relación entre la altura de mazorca y la altura de planta inferiores o cercanos a 0.5, puesto que con una relación por arriba de 0.5 pueden presentar problemas de acame por tener la posición de la mazorca de la mitad de la altura total de la planta. Los genotipos que presentaron valores superiores de 0.5 fueron las cruza 1, 6, 7, 13, 15, 16, 22, 23, 29, 30, 32, 35, 43 y 49, y los restantes fueron inferiores a 0.5.

En lo que se refiere a la producción de forraje en base a materia verde, los valores medios de los genotipos variaron de 12 a 59 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El híbrido con mayor capacidad forrajera fue la cruza trilineal 18 (LT-171 X LT172) X CLWN345 con 59 t ha<sup>-1</sup>, muy superior a la media general (37.1 t ha<sup>-1</sup>), seguido por la cruza trilineal 9 (LT-158 X LT-159) X LT-159, que en comparación con el rendimiento de grano este fue el más sobresaliente. Según Peña y colaboradores (2003), los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje. Los resultados obtenidos son similares al reportado por Núñez y colaboradores (2001), en maíces precoces e intermedios de origen tropical y templado bajo condiciones de riego, encontrando producciones de forraje verde de 52.8 a 75.6 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 6.3** Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en 49 híbridos de maíz.  
Campo Experimental Cotaxtla, ciclo P-V 2014

TRAT	RG	IC	DFM	APT	AMZ	RF	IAF
1	5734abcd	0.5a	53abcde	181eghi	90bcdefghijk	35293bcde	65.8bcde
2	5066abcd	0.3abcdef	53bcdefg	191bcdegh	95abcdefghijk	40452bcde	80.1abcde
3	5546abcd	0.2def	54abc	181deghi	82jk	27063def	55.2de
4	4769bcd	0.2def	55a	192bcdegh	86fghijk	31255bcde	68.6bcde
5	5239abcd	0.2ef	54ab	198abcdeg	92abcdefghijk	36088bcde	59.5cde
6	5673abcd	0.4abcde	50i	165i	86efghijk	25848ef	58.6cde
7	4821bcd	0.3cdef	51ghi	196abcdegh	106ab	28853cde	61.6bcde
8	5079abcd	0.3cdef	54abc	191bcdegh	82jk	33713bcde	72.0bcde
9	7008ab	0.4abcd	52efghi	204abcde	94abcdefghijk	47475ab	91.0ab
10	6678abcd	0.4abcdef	52cdefgh	189bcdeghi	92abcdefghijk	39227bcde	57.4cde
11	1765e	0.3cdef	54ab	180eghi	82jk	11616f	76.2abcde
12	5850abcd	0.4abc	52cdefgh	203abcde	98abcdefghij	39368bcde	76.1abcde
13	5830abcd	0.4abc	52defghi	208abc	106a	40153bcde	78.1abcde
14	6113abcd	0.4abcdef	54abc	205abcd	100abcdefgh	47403ab	83.7abcd
15	6268abcd	0.3cdef	54abc	192bcdegh	102abcde	38997bcde	78.1abcde
16	6144abcd	0.4abcdef	53abcdef	176ghi	89defghijk	35508bcde	70.2bcde
17	6756abcd	0.3cdef	55a	189bcdeghi	85ghijk	30485bcde	84.8abcd
18	6274abcd	0.4abcdef	54abcd	202abcde	100abcdefghi	59433 <sup>a</sup>	105.2a
19	6368abcd	0.4abcde	54abc	195abcdegh	96abcdefghijk	34622bcde	69.9bcde
20	6699abcd	0.4abcdef	53abcde	184cdeghi	88defghijk	43455abcde	87.4abc
21	5553abcd	0.4abcdef	52cdefgh	188bcdeghi	89cdefghijk	31590bcde	59.4cde
22	4227d	0.5ab	51hi	173hi	90abcdefghijk	27062def	50.7e
23	5205abcd	0.2def	51fghi	202abcde	100abcdefgh	42512bcde	69.1bcde
24	6940abc	0.3abcdef	51hi	208abc	102abcdef	37606bcde	70.2bcde
25	5550abcd	0.3cdef	50i	199abcde	99abcdefghi	27148def	68.9bcde
26	6050abcd	0.3cdef	52cdefgh	186bcdeghi	91abcdefghijk	43426abcde	72.4bcde
27	6176abcd	0.3cdef	54abcd	182deghi	86efghijk	31390bcde	70.0bcde
28	4337cd	0.3cdef	54ab	191bcdegh	90abcdefghijk	34797bcde	75.0abcde
29	4757bcd	0.2def	55a	202abcde	102abcdefg	45794abc	91.4ab
30	5346abcd	0.3bcdef	53abcde	205abcd	106abc	34178bcde	85.3abcd
31	6549abcd	0.3bcdef	52defghi	200abcde	98abcdefghij	36311bcde	82.9abcd
32	7601a	0.4abcdef	51ghi	197abcdeg	100abcdefghi	41599bcde	83.9abcd
33	6630abcd	0.4abcdef	53abcde	209ab	102abcdefg	33618bcde	81.9abcd
34	5389abcd	0.3cdef	54ab	187bcdeghi	82jk	45822abc	83.5abcd
35	6872abcd	0.3abcdef	51hi	200abcde	102abcde	46475abc	85.0abcd
36	5367abcd	0.4abcdef	52defghi	180eghi	83ijk	37895bcde	70.9bcde
37	5757abcd	0.3abcdef	52defghi	184cdeghi	88efghijk	43882abcd	73.8bcde
38	6018abcd	0.3bcdef	53abcde	184cdeghi	80k	36446bcde	68.1bcde
39	5316abcd	0.3abcdef	52defghi	191bcdegh	94abcdefghijk	43377abcde	67.2bcde
40	4218d	0.3abcdef	53bcdefg	174ghi	80k	37288bcde	66.6bcde
41	6029abcd	0.2f	52efghi	201abcde	98abcdefghij	43993abcd	82.2abcd
42	5383abcd	0.4abcdef	52defghi	185cdeghi	85hijk	40293bcde	78.5abcde
43	6475abcd	0.2def	53bcdefg	188bcdeghi	93abcdefghijk	37180bcde	75.0abcde
44	6309abcd	0.4abcdef	54abc	217a	105abcd	40446bcde	83.4abcd

45	4740bcd	0.3cdef	54ab	186bcdeghi	87efghijk	29765bcde	64.5bcde
46	5419abcd	0.3cdef	54abc	187bcdeghi	89cdefghijk	38636bcde	82.7abcd
47	6309abcd	0.4abcde	52defghi	198abcdeg	94abcdeghijk	34563bcde	74.9abcde
48	5790abcd	0.3cdef	53abcde	190bcdegh	86fghijk	32610bcde	61.1bcde
49	4928bcd	0.3cdef	54abc	201abcde	106ab	36478bcde	70.2bcde

El menor rendimiento de forraje lo tuvo la cruza trilineal 11 (LT-162 X LT161) X LT-163 con tan solo 11616 kg ha<sup>-1</sup>, con una altura de planta de 180 cm categorizado como de porte bajo. Al analizar el índice de área foliar, se encontró que éste vario de 50.7 a 105.1 cm<sup>2</sup>. El híbrido 18 (LT-171 X LT-172) X CLWN345 acumuló la mayor área foliar con 105.1 cm<sup>2</sup>, en tanto que el híbrido 22 (LT-164 X LT165) X LT-155 acumuló la menor área foliar, muy inferior a la media general (74.04 cm<sup>2</sup>), atribuido a que tuvo baja altura de planta. Comparando el de mejor rendimiento con respecto índice de área foliar se obtuvieron buenos resultados. Peña y colaboradores (2006), aseguraron que el menor rendimiento de algunos híbridos de maíz forrajero, se explica por su menor porte y su reducida área foliar.

### 6.3 Conclusiones

Existen híbridos trilineales con buen rendimiento y características agronómicas como las cruzas 32 (LT-164 X LT-165) X LT-166, 9 (LT-158 X LT-159) X LT-156, 24 (CLRCW-105 X CLWN218) X LT-155.

Se determinaron genotipos precoces como los tratamientos 25 (LT-164 X LT-165) X LT-156 y 6 (LT-154 X LT-155) X LT-155.

Las mejores calificaciones de planta y mazorca concordaron con los genotipos de mayor rendimiento que fueron los tratamientos 32 (LT-164 X LT-165) X LT-166 y 9 (LT-158 X LT-159) X LT-156.

Los genotipos con mayor altura de planta fueron los tratamientos 9, 12, 13, 14, 18, 23, 24, 29, 30, 31, 33, 35, 41, 44, 49.

El índice de cosecha no tuvo una relación estable entre materia seca total y el rendimiento de grano.

El genotipo 34 (LT-164 X LT-165) X T12RC522 (T-48) presentó el mayor número de hileras con un promedio de 18 hileras.

El mejor genotipo con mayor longitud, ancho y grosor de grano que está por arriba de la media fue el tratamiento 25 (LT-164 X LT-165) X LT-156.

Para la producción de forraje en base a materia verde la mejor fue la cruza 18 (LT-171 X LT-172) X CLWN345, seguido por la cruza 9 (LT-158 X LT-159) X LT-156, que en comparación con el rendimiento de grano este fue el más sobresaliente.

El mayor genotipo con mayor índice de área foliar fue el tratamiento 18 (LT-171 X LT-172 X CLWN345 con 105.5 cm.

## 6.4 Referencias

- Barrales D. S., A. Muñoz O., D. Sotres R. 1984. Relaciones termopluviométricas en familias de maíz bajo condiciones de temporal. *Agrociencia* 58: 127-139 pp.
- Barreto H. J. 1999. Programa para crear y analizar diseños Alpha látice. En el programa de maíz del CIMMYT, manual de usuarios para Fieldbook 5.1/7.1 y alpha México. D.F. CIMMYT. 38-48 pp.
- Bejarano A. 2003. Descripción y prueba del híbrido simple de maíz amarillo FONAIAP 1. *Agronomía Tropical* 53: 61-69 pp.
- Cowan T. 2001. Uso de forrajes ensilados en sistemas de producción animal en gran escala. En: *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos.* Roma, Italia.
- De la Cruz L. E., H. Córdova O., M. A. Estrada B., J. D. Mendoza P., A. Gómez V., N. P. Brito M. 2009. Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. *Universidad y Ciencia* 25: 93-98 pp.
- Eberhart S. A., A. Russell W. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *CropSci* 6: 36-40 pp.
- Espinosa C. A., M. Tadeo R., A. Tapia N. 1999. Variedades mejoradas no convencionales de maíz para agrosistemas de mediana productividad. *Agricultura Técnica en México* 25: 83-87 pp.
- Espinosa C. A., M. Tadeo R., M. Sierra M., F. Caballero H., R. Valdivia B., N. O. Gómez M. 2010. Despanojado y densidad de población en una cruce simple androesteril y fértil de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 21: 159-165 pp.
- Escorcia G. N., J. D. Molina G., F. Castillo G., J. A. Mejía C. 2010. Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruces simples de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33: 271-279 pp.
- Guerra F., M. Fuentes, O. Cruz, A. Espinoza, L. Pixley, I. Camargo, S. Castellanos. 2003. Evaluación de híbridos experimentales de maíz del PRM en Centroamérica. *Agronomía Mesoamericana* 14: 21-25 pp.
- Martínez L. C., L. E. 2005. Mendoza O., G. García S., M. C Mendoza C., A. Martínez G. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androesteriles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Revista fitotecnia Mexicana* 28: 127-133 pp.
- Peña R. A., F González C., G. Núñez H., M. R. Tovar G., R. E. Preciado O., A. Terrón I., N. Gómez M., A. Ortega C. 2006. Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 109-114 pp.
- Prasanna B. M., S. K. Vasal, B. Kassahun, N. N. Singh. 2001 Quality Protein maize. *Current Science* 81: 1308-1319.
- Ramírez D. J. L., M. Chuela B., V. A. Vidal M., J. R. Parra, F. Caballero H. 2007. Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. *Revista fitotecnia mexicana* 30: 453-461 pp.

- Reyes C. P. 1990. El Maíz y su Cultivo. AGT Editor. México, D. F. 460 p.
- Serratos H. J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Primera Edición. Greenpeace México. pp. 36.
- Serratos H. J. A. 2012. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. México. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Segunda Edición Greenpeace México. Pp. 36.
- Sierra M. M. 1993. H-512 Híbrido de Maíz de Cruza Doble para el Trópico Húmedo de México. Folleto Técnico Núm. 3. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México. 11 p.
- Sierra M. M., A. Palafox C., A. Espinosa C., F. Caballero H., F. Rodríguez M., S. Barrón F., R. Valdivia B. 2005. Adaptabilidad de híbridos triples de maíz y de sus progenitores para la región tropical del Sureste de México. *Agronomía Mesoamericana* 16: 13-18 pp.
- Sierra M. M., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinosa C., N. Gómez M., F. Caballero H., S. Barrón F., A. Zambada M., G. Vázquez C. 2008. H-520, Híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agricultura Técnica en México* 34: 119-122 pp.
- SIAP. 2014. Maíz forrajero. (Disponible en línea en <http://www.siap.gob.mx/maiz-forrajero/>) (Consulta: 19 de febrero de 2015).
- SIAP. 2014. Principales estados productores de maíz a nivel nacional. (Disponible en línea en <http://www.siap.gob.mx/>) (Consulta: 26 de febrero de 2015).
- Silva A. 2014. Potencial de híbridos en la producción del maíz en México. *La revista de la agricultura de conservación. CIMMYT. Año V. No.20* 15-16 pp.
- Tinoco, A. C. A.; Rodríguez, M. F. A.; Sandoval, R. A.; Brarrón, F. S.; Palafox, C. A.; Esqueda, E. V. A.; Sierra, M. M. y Romero, M. J. 2002. Manual de producción de maíz para los estados de Veracruz y tabasco. INIFAP.CIRGOC. Camp Experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm. 9. Veracruz, México 113 p.
- Tosquy O., M. Sierra, F. Rodríguez M., R. Castillo, J. Ortiz, C. Tinoco, A. Sandoval, S. Uribe. 1995. Validación del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) de cruza doble H-512 en el estado de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 6: 93-97 pp.
- Tosquy V. O. H., A. Palafox C., M. Sierra M., A. Zambada M., R. Martínez M., G. Granados R. 2005. Comportamiento agronómico de híbridos de maíz en dos municipios de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 16: 7-12 pp.
- Vargas J. V., R. Zepeda B., M. A. Ávila P., A. Espinosa C., J. L. Arellano V., A. J. Gámez V. 2014. Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agronomía Mesoamericana* 25: 323-335 pp.
- Vera G. A. y L. Crane P. 1970. Effects of selection for lower ear height in synthetic populations of maize *Crop Sci* 10: 286-288 pp.