

H-518, HÍBRIDO TRILINEAL DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO*

H-518, THREE WAY MAIZE HYBRID FOR THE HUMID TROPICS OF MEXICO

Mauro Sierra Macías^{1§}, Artemio Palafox Caballero¹, Flavio A. Rodríguez Montalvo¹, Alejandro Espinosa Calderón², Noel Gómez Montiel³, Filiberto Caballero Hernández⁴, Sabel Barrón Freyre⁵, Alfredo Sandoval Rincón⁶ y Gricelda Vázquez Carrillo²

¹Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. Km 34.5 carretera Veracruz-Córdoba. Apartado Postal 429. 91700, Veracruz, Veracruz, México. ²Campo Experimental Valle de México, INIFAP. ³Campo Experimental Iguala, INIFAP. ⁴Campo Experimental Valle de Apatzingán, INIFAP. ⁵Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP. ⁶Campo Experimental Ixtacuaco, INIFAP. [§]Autor para correspondencia: mauro_s55@hotmail.com

En la región tropical húmeda de México se siembran anualmente con maíz 2.5 millones de hectáreas, de las cuales un millón se encuentran en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad, y 100 mil hectáreas se siembran en condiciones de riego. Para esta última superficie se recomienda la siembra de maíces híbridos, los cuales expresan su máximo potencial genético, logrado por el efecto heterótico de cruzar progenitores endogámicos diferentes genéticamente (Reyes, 1985; Gómez, 1986; Sierra *et al.*, 1990; Vasal *et al.*, 1992a; Vasal *et al.*, 1992b).

En las provincias agronómicas de buena y muy buena productividad, así como en las áreas de riego, es importante conocer el tipo de respuesta y los genotipos más productivos en estas condiciones favorables, a fin de contar con aquellos que posean adaptabilidad o mayor estabilidad, de tal manera que se pueda predecir el comportamiento que tendrían al cultivarse en ambientes diversos definidos por sus climas, suelos y manejo agronómico (Eberhart y Russell, 1966).

Los híbridos trilineales representan una opción atractiva y conciliadora de la producción de semilla y el mejoramiento genético, en su producción comercial se aprovechan las ventajas en productividad que se logran con la heterosis

y al mismo tiempo se ofrecen facilidades para controlar la calidad genética en la producción de semilla. Esto es posible al utilizarse como progenitor macho a una línea que puede revisarse con cierta facilidad y depurarse al seleccionar características favorecedoras de la producción. Los híbridos trilineales permiten alta rentabilidad para las empresas productoras de la semilla, ya que la cruza simple que participa como hembra es de alta productividad (Reyes, 1985; Sierra *et al.*, 1990; Rodríguez *et al.*, 1997; Espinosa *et al.*, 1998; Sierra *et al.*, 2005).

En el Campo Experimental Cotaxtla, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de 1998 al 2003 se evaluaron varios híbridos trilineales, de los cuales resultó sobresaliente la combinación (LT154xLT155)xLT157, la cual fue propuesta para su liberación como H-518. En el presente documento se describen las características agronómicas, y el rendimiento, adaptación, producción de semilla y calidad tortillera del híbrido de maíz H-518.

En la formación del híbrido H-518 se utilizó la cruza simple hembra LT154xLT155, la cual se sembró en forma comercial por varios años como híbrido de cruza simple de alto rendimiento denominado H-513, mismo que presenta las ventajas de producir semilla de buena calidad y mostrar estabilidad en áreas maiceras del trópico mexicano, de acuerdo con los parámetros de estabilidad de Eberhart y

* Recibido: Agosto de 2004
Aceptado: Diciembre de 2005

Rusell (1966). El maíz H-518, como híbrido trilineal en el que participa la línea LT157 con carácter de progenitor macho, permite que el proceso de producción de semillas se facilite y sea rentable para los interesados en producir semilla certificada (Sierra *et al.*, 1994).

En cuanto al origen, las líneas progenitoras que forman el híbrido H-518 son: LT154, LT155 y LT157, donde, LT154 es una línea endogámica con nivel de homocigosis de cuatro autofecundaciones, derivada de la población 21 proveniente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), la cual se obtuvo en el Campo Experimental Cotaxtla a través del método de selección por pedigrí; la línea LT155 con cuatro autofecundaciones derivada de la población 43 proveniente del CIMMYT, obtenida también en el Campo Experimental Cotaxtla por el mismo método; y la tercera línea es LT157, endogámica, con siete autofecundaciones, derivada de la población 43 proveniente del CIMMYT, de ciclo tardío, con grano de textura dentada y blanco, también se obtuvo por el método de pedigrí. Las líneas poseen germoplasma de la

raza tuxpeño. El híbrido H-518 se encuentra en proceso de inscripción en el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC).

En el Cuadro 1 se muestra el rendimiento del híbrido trilineal H-518 en comparación con el híbrido de cruza simple H-513 (testigo). El H-518 produjo un rendimiento medio de 7.16 t ha⁻¹ en 14 ambientes del trópico húmedo, equivalente a 10.84% mayor que el testigo. En otro estudio, el H-518 se evaluó en 17 ambientes con base en los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell (1966), y registró un rendimiento medio de 6.48 t ha⁻¹, que representa 98.48% en comparación con el H-513, que rindió 6.58 t ha⁻¹, (100%). Además el H-518 se caracterizó como “estable”, ya que presentó valores de regresión de uno y desviaciones de la línea de regresión con valores de cero, lo que indica que no presenta interacción con el ambiente y es consistente. Esta característica es importante ya que implica pocos cambios de un ciclo de cultivo a otro. Disponer de híbridos trilineales como el H-518, con rendimiento

Cuadro 1. Rendimiento experimental del híbrido trilineal de maíz H-518 en comparación con el híbrido de cruza simple H-513, evaluados en localidades del Trópico Húmedo de México 1998 - 2003.

Localidades	Año y ciclo	Rendimiento (t ha ⁻¹)	
		H-518	H-513
Cotaxtla, Veracruz	1998A	9.47	8.68
Cotaxtla, Veracruz	1998B	7.00	7.32
Cotaxtla, Veracruz	1999A	9.47	8.14
Cotaxtla, Veracruz	1999B	7.18	7.28
Isla, Veracruz	1999B	5.14	4.72
Huimanguillo, Tabasco.	1999B	4.32	5.22
Apatzingán, Michoacán	1999B	4.51	4.57
Cotaxtla, Veracruz	2001B	7.50	8.8
Cotaxtla, Veracruz (CCVP)*	2001B	7.27	6.41
Huimanguillo, Tabasco	2001B	5.14	6.21
Isla, Veracruz	2001B	5.68	5.45
Papantla, Veracruz	2001B	4.76	5.02
Cotaxtla, Veracruz	2002B	6.34	7.22
San Andrés Tuxtla, Veracruz	2002B	6.88	6.32
Huimanguillo, Tabasco	2002B	5.38	5.48
Cotaxtla, Veracruz (CCVP)*	2003A	7.57	7.67
Cotaxtla, Veracruz (CCVP)*	2003B	6.56	7.33
Promedio		6.48	6.58
Porcentaje relativo		98.48	100.00

*Evaluaciones realizadas para el Comité Calificador de Variedades de Plantas (CCVP); A= Ciclo otoño-invierno; B= Ciclo primavera-verano.

similar o superior a la cruza simple, como H-513, justifica su liberación en virtud de las ventajas que brinda por su alta productividad y facilidad de producción, con lo cual puede ofrecerse este insumo a los productores a precios razonables. Si bien, el H-518 rinde 1.52% menos en comparación con el híbrido H-513, esto se explica porque H-513 es un híbrido de cruza simple, condición que le permite lograr altos rendimientos, sin embargo, se retiró del mercado por la dificultad para producir su semilla debido, precisamente a su conformación de híbrido simple. Esta desventaja permite que la utilización del maíz híbrido H-518 sea más viable.

Las características agronómicas del H-518 son: altura de planta intermedia (271 cm), que permite un manejo adecuado en las áreas tropicales para la práctica de la doble*; su ciclo biológico es intermedio - precoz con 52 días a la floración, alcanza su madurez fisiológica de los 90 a 100 días y la cosecha entre los 110 y 120 durante el ciclo primavera - verano en condiciones de temporal, la mazorca contiene de 12 a 14 hileras regulares, presenta buena cobertura y el grano es blanco semidentado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características agronómicas del híbrido trilineal de maíz H-518 en comparación con la cruza simple H-513. Ciclo primavera-verano 2003. Veracruz y Tabasco, México.

Características	H-513	H-518
Altura de planta (cm)	235	271
Altura de mazorca (cm)	113	145
Acame	Resistente	Tolerante
Días a floración masculina	55	51
Días a floración femenina	56	52
Altura mazorca/planta (cm)	0.48	0.54
Longitud de mazorca (cm)	17	17
Diámetro de mazorca (cm)	4.9	4.9
Número de hileras	14	14
Cobertura de mazorca	Excelente	Buena

El H-518 posee características y propiedades de grano excelentes para fabricar harina nixtamalizada así como para la industria de la masa y la tortilla. Los granos son pequeños, blanco cremoso (62% de reflectancia), con

peso de 270 g/1000 granos, índice de flotación de 14% (textura dura) y 77 kg/hectolitro; características con valores dentro de los establecidos por la Norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002 (SE, 2002) para maíces destinados a la fabricación de tortillas. Además las proporciones de pico (1.4%), pericarpio (5.5%), germen (11.4%), endospermo harinoso (46%) y endospermo córneo (35%) del grano, son aspectos que cumplen con las especificaciones de la industria de harina nixtamalizada. Los porcentajes de humedad de nixtamal (42%), pérdida de sólidos (3.5%) y pericarpio remanente (49%), también están dentro de norma. Su rendimiento de tortillas frías es de 1.5 kg, éstas son de color crema brillante (88% de reflectancia), que se mantiene durante su almacenamiento (48 h después de elaboradas), son tortillas suaves y resistentes, que requieren una mínima fuerza de tensión (157 k_f) para romperse.

En pruebas de validación comercial conducidas en los años 1999, 2002 y 2003, en las localidades de Cotaxtla y Tlalixcoyan, en el estado de Veracruz, y Balancán y Huimanguillo, en Tabasco (Cuadro 3), el híbrido H-518, registró rendimientos medios a través de seis parcelas de 7.11 t ha⁻¹, equivalente a 5% menos que el rendimiento obtenido por el H-513 que fue de 7.50 t ha⁻¹; sin embargo, es conveniente tomar en cuenta que el H-513, por ser un híbrido de cruza simple, tiene mayor potencial de rendimiento que un híbrido trilineal. En la validación el híbrido H-518 también se comparó contra la variedad VS-536, ya que este genotipo es el más sembrado en las localidades donde se validó el híbrido H-518.

Para garantizar la pureza genética, la semilla de los progenitores y del híbrido H-518, deberá producirse en lotes aislados, separados de otros terrenos sembrados con maíz, al menos 200 m para semilla certificada y 300 m para semilla registrada o bien, establecer el lote con 20 días de diferencia en la fecha de siembra respecto de otro cultivo de maíz contiguo, de manera que no haya coincidencia en la floración del lote de producción de semilla con otros maizales vecinos. Además deberán eliminarse las plantas fuera de tipo o enfermas antes de la floración, para lo cual se recomiendan por lo menos dos revisiones detalladas de la población en la etapa vegetativa, así como otra en la etapa de floración. Al momento de la cosecha puede mejorarse aún la calidad del lote de semillas, mediante la

*Práctica que se realiza en el Sureste Mexicano cuando el maíz ha llegado a su madurez fisiológica, para evitar riesgos de acame y proteger a la mazorca del daño de pudriciones y acelerar el secado.

Cuadro 3. Rendimiento de grano y características agronómicas del híbrido trilineal H-518 en parcelas de validación conducidas en los ciclos primavera-verano 1999, 2002 y 2003, en Veracruz y Tabasco, México.¹

Genotipo	Rend. (t ha ⁻¹)	Porcentaje Relativo	Días a florac.		Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)	Acame (%)	Cob. (%)	M. P. (%)
			Masc.	Fem.					
H-518	7.11	95	51	52	256	128	3.6	6.7	5.0
H-513	7.50	100	51	52	237	121	6.9	5.0	3.4
VS-536	5.80	77	52	53	266	141	15.9	3.8	4.8

¹Promedio en parcelas de Cotaxtla 1999B, Cotaxtla 2002B, Tlalixcoyan 2002B, Cotaxtla 2003B, Balancán 2003B y Huimanguillo 2003B; Rend. = Rendimiento de grano; Días a florac. = Días a floración después de la siembra; Masc. = Masculina; Fem. = Femenina; Cob. = Mazorcas con mala cobertura; M. P. = Mazorcas podridas.

eliminación de las mazorcas fuera de tipo, malformadas o con algún grado de pudrición.

La producción de semilla del híbrido trilineal H-518 deberá realizarse en lotes aislados de desespigamiento, donde el progenitor hembra será la cruza simple de alto rendimiento LT154xLT155. La siembra de los progenitores hembra y macho podrá hacerse de manera simultánea, ya que ambos coinciden en la exposición de estigmas y en la liberación de polen. Se recomienda una relación de surcos hembra:macho de 4:2, para lograr una buena polinización. Para la producción de semilla de la cruza simple hembra del H-518, se usará como hembra la línea LT154 y como macho la LT155, en una relación hembra:macho de 4:2 ó 2:1, la hembra se sembrará siete días antes que el macho durante el ciclo otoño-invierno y cinco días antes si la siembra es en primavera-verano.

Por facilidad de manejo conviene multiplicar la semilla del híbrido H-518 durante el ciclo otoño-invierno, en condiciones de riego o de humedad residual, en diversas localidades del centro de Veracruz, del centro de Morelos, Iguala y Tierra Caliente en Guerrero; en Uxmal, Yucatán, y en Edzná, Campeche, ya que la semilla producida se utilizará pocos meses después de haberse cosechado y beneficiado. La producción de semilla del H-518, permite obtener rendimientos superiores a 3.5 t ha⁻¹ de semilla comercial, lo que representa alta rentabilidad para las empresas del ramo.

El híbrido H-518 se podrá producir y promover a través de esquemas alternativos de abasto, vía empresas pequeñas de semillas, lo que seguramente podrá ayudar a elevar el empleo de semilla certificada de maíces mejorados en el Trópico Húmedo de México, al ofrecer a los productores

de maíz, semilla de genotipos competitivos a precios accesibles. A este respecto en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP se tiene información técnica adicional que pudiese requerirse, así como la semilla registrada de los progenitores del híbrido H-518, para atender a empresas interesadas.

LITERATURA CITADA

- Eberhart, S. A. and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Espinosa C., A.; Ortiz C., J.; Ramírez F., A.; Gómez M., N. O. y Martínez G., A. 1998. Estabilidad y comportamiento de líneas *per se* y cruza de maíz en la producción de semilla. *Agric. Téc. Méx.* 24 (1):27-36.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor. México, D.F., México. 460 p.
- Rodríguez M., F. A.; Sierra, M., M.; Cano R., O. and Castañón N., G. 1997. Three way crosses as an alternative for producing maize in Veracruz, Mexico. *In: The International Symposium about the Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops.* Mexico City, Mexico. p. 238.
- Gómez M., N. 1986. Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. *Rev. Fitotec. Mex.* 8(1):3-19.
- Secretaría de Economía (SE). 2002. Norma Mexicana NMX-FF-034/1-SCFI-2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereales-Parte 1: maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado -especificaciones y métodos de prueba. Dirección General de Normas. México, D.F., México. 18 p.

- Sierra M., M.; Martínez C., J.; Alcázar A., J.; Preciado O., R. E.; Rodríguez M., F.; Arroyo L., M.C. 1990 Comportamiento de híbridos experimentales de maíz en el trópico húmedo de México. *In*: Memoria de la XXXVI Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. San Salvador, El Salvador, C.A. p. 76-83.
- Sierra M., M.; Rodríguez M., F.; Castillo G., R.; Ortiz C., J.; Barrón F., S.; Tosquy V., O.; Romero M., J.; Tinoco A., C.; Sandoval R., A. 1994. H-513, híbrido de maíz de cruza simple para el trópico mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones de la Región Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Veracruz, México. 18 p. (Folleto Técnico Núm. 9).
- Sierra M., M.; Palafox C., A.; Espinosa C., A.; Caballero H., F.; Rodríguez M., F.; Barrón F., S. y Valdivia B., R. 2005. Adaptabilidad de híbridos triples de maíz y de sus progenitores para la región tropical del sureste de México. *Agron. Mesoam.* 16(1):13-18.
- Vasal S., K.; Srinivasan, G.; Crossa, J.; Beck D., L. 1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. *Crop Sci.* 32(4):884-890.
- Vasal S., K.; Srinivasan, G.; Han, C. and Gonzalez, C. 1992b. Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37:319-327.