

H-520, HÍBRIDO TRILINEAL DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO*

H-520, THREE WAY MAIZE HYBRID FOR THE HUMID TROPIC OF MEXICO

Mauro Sierra Macías^{1§}, Artemio Palafox Caballero¹, Flavio Rodríguez Montalvo¹, Alejandro Espinosa Calderón², Noel Gómez Montiel³, Filiberto Caballero Hernández⁴, Sabel Barrón Freyre⁵, Andrés Zambada Martínez⁶ y Griselda Vázquez Carrillo²

¹Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. km 34 carretera Veracruz-Córdoba. Apartado Postal 429, C. P. 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 Papaloapan, INIFAP. §Autor para correspondencia: mauro_s55@hotmail.com.

RESUMEN

El cultivo de maíz es importante en el área tropical húmeda de México, donde se siembran anualmente, una superficie de 2.5 millones de ha; de estas, un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 100 000 ha son sembradas bajo condiciones de riego (Sierra *et al.*, 2004). En esta superficie se recomienda la siembra de híbridos, ya que estos poseen mayor potencial genético (Gómez, 1986; Vasal *et al.*, 1992a; Vasal *et al.*, 1992b; Sierra *et al.*, 1992). En la selección de los mejores híbridos, la adaptabilidad de los genotipos es importante, ya que permite conocer la respuesta a los diferentes ambientes, definidos por: clima, suelo y manejo agronómico. Los híbridos trilineales permiten aprovechar las ventajas que ofrece la heterosis en la producción comercial de maíz y en la producción de semilla, al usar como progenitor hembra una cruce simple de alto rendimiento (Sierra *et al.*, 2005; Espinosa *et al.*, 1998). Con relación a la selección de líneas progenitoras de híbridos comerciales, es necesario identificar aquellas sobresalientes con base en sus efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), su comportamiento *per se*, adaptación y producción de semilla (González *et al.*, 1990; Vasal *et al.*, 1994; Vasal y Córdova 1996; Espinosa *et al.*, 1998; Ramírez *et al.*, 1998).

Entre 1998 y 2005 fueron evaluados híbridos trilineales, resultando sobresaliente el denominado H-520, el cual fue propuesto para la liberación oficial por las ventajas en rendimiento, atributos agronómicos favorables y

tolerancia a la enfermedad del “achaparramiento”. Este híbrido está formado por las líneas LT154, LT155 y LT156, las dos primeras forman la cruce simple que participa como progenitor hembra, la cual por las características agronómicas, sanidad, alto rendimiento y estabilidad se empleó en el trópico húmedo de México como H-513 (Sierra *et al.*, 1994). La línea macho LT156 cuenta con seis autofecundaciones, alta ACG, fue derivada de un compuesto de amplia base genética (CABG), formado en Cotaxtla, Veracruz. La línea LT154, derivada de la población 21 del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), posee cuatro ciclos de autofecundación; la línea LT155 fue derivada de la población 43 proveniente del CIMMYT, con similar nivel de endogamia. Estos progenitores tienen ventajas en su mantenimiento y para la producción comercial de semilla por parte de las empresas, lo que permite la factibilidad real de uso por los productores.

En los años 2003-2004, el híbrido H-520 y los progenitores fueron caracterizados de acuerdo con la guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Este híbrido fue registrado e inscrito por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC) ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), con el número de registro 1648 MAZ 807-140404/C (SNICS, 2002) (Cuadro 1).

* Recibido: Noviembre de 2006
Aceptado: Diciembre de 2007

Cuadro 1. Esquema del proceso de obtención del híbrido de maíz H-520.

Año	Descripción del procedimiento
1987	Prueba de aptitud combinatoria de líneas endogámicas de diferentes variedades y poblaciones usando como probadores las líneas T11 y T12 que forman el patrón heterótico tropical H-511
1988-1992	Evaluación de híbridos simples entre líneas, con alta combinación (T11 y T12)
1993-1994	Definición y registro del H-513
1992-1996	Identificación de LT156 como un progenitor de alta ACG
1998-2004	Evaluación de híbridos trilineales de maíz entre H-513 y líneas endogámicas sobresalientes, en el trópico húmedo de México
2002-2005	Validación de H-520 en terrenos de productores
2003-2004	Caracterización del híbrido H-520
2004	Registro ante el SNICS y liberación oficial del H-520

En evaluaciones 1998-2005 (Cuadro 2), el H-520 rindió en promedio 7.29 t ha⁻¹ a través de 22 ambientes, significativamente mayor en 8% ($p < 0.05$) al testigo H-513.

Cuadro 2. Rendimiento experimental del híbrido H-520 en comparación con genotipos comerciales en la región del trópico húmedo. (1998-2005).

Híbrido	^{1/} Rendimiento grano t ha ⁻¹	% Relativo
H-520	7.29*	108
H-513	6.72	100
VS-536	6.48	96

^{1/}Promedio de 22 experimentos en las localidades de Cotaxtla, Isla, Papantla y San Andrés Tuxtla, en el estado de Veracruz, Huimanguillo, Tabasco y Apatztingán, Michoacán; *Significancia estadística al 0.05 de probabilidad.

Cabe destacar que la validación, a través de 11 parcelas conducidas de 1999-2005 en Veracruz y Tabasco, (Cuadro 3), el H-520 registró rendimientos medios de 6.96 t ha⁻¹ que representa 5% más en comparación con el H-513, 28% más que la variedad sintética VS-536, de mayor uso comercial en el sureste mexicano; 25% más que el comercial híbrido comercial testigo C-343 y 28% más en relación con el híbrido A-7573. En cuanto a las características agronómicas, durante el ciclo primavera-verano bajo condiciones de temporal, el híbrido H-520 es de altura de planta y mazorca intermedia con 228 y 139 cm para cada característica respectivamente, con 54 días a floración masculina y 53 a floración femenina. Alcanza la madurez fisiológica entre 90 y 100 días, la cosecha puede efectuarse de 110 a 120 días. Es tolerante al acame, con buen aspecto y sanidad de planta y mazorca, excelente cobertura

de mazorca, con 14 hileras y grano blanco semidentado. Es tolerante a la enfermedad conocida como “achaparramiento”, enfermedad que durante los últimos cinco años ha cobrado importancia sobre todo en áreas maiceras de las zonas centro y sur del estado de Veracruz. H-520 registró porcentajes más bajos de plantas con síntomas, menor severidad y porcentajes más bajos de mazorcas con daño de “achaparramiento”.

Por lo que se refiere a las características de calidad el H-520 se recomienda para las industrias de la masa y la tortillas y la de harina nixtamalizada, ya que es de grano blanco (60% de índice de reflectancia) y tamaño mediano (300 granos/100 gramos), textura dura (en promedio 30% de índice de flotación) y una densidad de 77 kg/hL presenta proporciones adecuadas de pedicelo (1.4%), pericarpio (5.5%) y germen (10.7%). En el proceso de nixtamalización registra valores medios de: 42% de humedad en nixtamal, 3.3% de sólidos desprendidos y 58% de pericarpio retenido. Por cada kg de maíz nixtamalizado, proporciona 1.56 kg de tortillas, las cuales tienen una humedad de 43%, color crema brillante (87%), son elásticas (4.5 mm) y suaves (235 gf). Así mismo, son identificadas por las especificaciones de la SE (2002) norma NMX-FF-054-2001, para los maíces destinados a la elaboración de tortillas.

Los resultados demostraron que los progenitores (Cuadro 4), bajo condiciones de riego en el Campo Cotaxtla, Veracruz, las líneas LT154, LT155 y LT156 registran alto rendimiento *per se*, lo que facilita el incremento de la semilla, (González *et al.*, 1990; Vasal *et al.*, 1994; Vasal y Córdova, 1996; Espinosa *et al.*, 1998; Ramírez *et al.*, 1998). Sin embargo, la mayor ventaja la ofrece la cruz simple LT154xLT155 usada como progenitor hembra, con un rendimiento de 8.69 t ha⁻¹, lo que representa ventajas económicas en la producción comercial de semilla, (Sierra *et al.*, 2005; Espinosa *et al.*, 1998).

Cuadro 3. Rendimiento de grano y características agronómicas del H-520 en parcelas de validación, ciclo primavera-verano en Veracruz y Tabasco, en el período 1999-2005.

Genealogía	¹ /Rend t ha ⁻¹	Rel %	FM	AP	² /PPA	² /Sev	² /PMD	Aca %	Cob %	Pod %
H-520	6.96	105	54	228	14.57*	2.5*	16.18*	1.46*	1.64*	5.89*
H-513	6.60	100	53	212	16.91*	2.83*	17.99*	3.64*	3.54*	7.60*
C-343	5.42	82	53	211	21.97**	3.83**	38.34	1.83*	2.25*	12.98
VS-536	5.09	77	55	233	35.53	5.33	30.33	3.81*	1.67*	11.89
A-7573	4.44	67	51	192	32.89	4.83	67.83	0.0*	4.04*	57.32

¹= Rendimiento promedio en parcelas de Cotaxtla 1999B, 2002B, 2003B, y 2005B; Tlalixcoyan 2002B, y 2005B; Ignacio de la Llave 2005B y San Andrés Tuxtla 2005B en Veracruz y Balancán, 2003B y Huimanguillo 2003B y 2005B en Tabasco; ²= Promedio de parcelas en Cotaxtla, Tlalixcoyan e Ignacio de la Llave durante 2005B, Rend= Rendimiento de grano; FM= Días a floración masculina; AP= Altura de planta en cm; PPA= Plantas con achaparramiento; Sev= Severidad por achaparramiento en planta; PMD= Mazorcas con daño por achaparramiento; Aca= Plantas acamadas; Cob= Mazorcas con mala cobertura; Pod= Mazorcas podridas; *, ** significativo a niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente.

Cuadro 4. Rendimiento promedio de progenitores del H-520 bajo condiciones de riego en Cotaxtla ciclos 1997A y 1998A.

Genealogía	Rendimiento de grano t ha ⁻¹	Porcentaje relativo %
LT154 x LT155	8.69	242.74
LT154	3.31	92.46
LT155	3.58	100
LT156	3.51	98.04

Para garantizar la pureza genética, la semilla del híbrido H-520, y los progenitores, debe producirse en lotes aislados, separados de otros terrenos sembrados con maíz al menos 200 m para obtener semilla certificada y 300 m para semilla registrada, o bien, con 20 días de diferencia en la fecha de siembra, de manera que no haya coincidencia de floración del lote de producción de semilla con otros lotes vecinos.

La siembra de los progenitores hembra y macho debe realizarse de manera simultánea en una relación hembra:macho 4:2, o bien, 2:1, para lograr buena polinización. Para la obtención de H-513, debe utilizarse como hembra la línea LT154 y como macho la LT155, en una relación hembra:macho de 4:2 o bien 2:1, sembrando la hembra 7 días antes durante el ciclo otoño-invierno y 5 días antes durante primavera-verano con relación al macho. Las espigas de los progenitores hembra deberán ser eliminadas antes de la emisión de polen.

Para los incrementos de semilla de las líneas progenitoras LT154, LT155 y LT156, se recomienda usar una muestra mínima de 50 plantas típicas de cada línea en incrementos planta a planta; el incremento de semilla básica puede hacerse en lotes aislados de polinización libre en una superficie de al menos 1000 m², teniendo cuidado en los aspectos de aislamientos y desmezclas sugeridos para la conservación y mantenimiento de la identidad varietal. La semilla de estos materiales puede ser producida en primavera-verano u otoño-invierno. La siembra de otoño-invierno permite un mejor control de humedad en el suelo y humedad relativa, pero sobretodo la oportunidad de cosecha, secado y comercialización durante el ciclo primavera-verano. Con relación a la fertilización, se recomienda aplicar 20% adicional de nitrógeno recomendado para la producción de grano y 30 unidades de potasio.

La semilla de la categoría básica y registrada del H-520 se encuentra disponible en el Campo Experimental Coacaxtla, Veracruz.

LITERATURA CITADA

- Espinosa C., A.; Ortiz C., J.; Ramírez F., A.; Gómez M., N. 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.
- 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.

- González G., C.; Molina G., J. D. y Martínez G., A. 1990. Implicaciones del rendimiento *per se* y de la ACG de líneas autofecundadas de maíz (*Zea mays* L.) en la predicción de cruza simples de alto rendimiento. *Agrociencia serie Fitotecnia* 1(2):29-42.
- Ramírez D., J. L.; Ron P., J.; Sánchez G., J.; García, A. y Maya J., B. 1998. Aptitud combinatoria general y correlaciones fenotípicas entre líneas y mestizos de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 9(2):69-76.
- Secretaría de Economía (SE). 2002. Norma mexicana NMX-FF-054-2001-SCF1. Parte 1. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano cereales maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz nixtamalizado. Especificaciones y métodos de prueba. Dirección General de Normas México D. F. México 18 p.
- Sierra M., M.; Rodríguez M., F. A.; Castillo G., R.; Ortiz C., J.; Barrón F., S.; Tosquy V., O. H.; Romero M., J.; Tinoco A., C. A.; y Sandoval R., A. 1994. H-513 híbrido de maíz de cruza simple para el trópico mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC). Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Veracruz. México, 18 p. (Folleto Técnico Núm. 9).
- Sierra M., M.; Márquez S., F.; Valdivia B., R.; Córdoba O., H.; Lezama G., R. y Pescador R., A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.), *Agric. Téc. Méx.* 30(2):169-181.
- 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. *Agronomía Mesoamericana* 16(1):13-18.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2002. Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México D. F. 20 p.
- Vasal S., K.; Srinivasan, G.; Crossa, J. and 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 González C., F. 1992b. Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37:319-327.
- Vasal S., K.; Vergara A., N. y Mc Lean, S. 1994. Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 5(2):184-189.
- Vasal S., K. y Córdoba O., H. 1996. Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. *In: Memorias del curso internacional de actualización en fitomejoramiento y agricultura sustentable.* Buenavista Saltillo, Coahuila, México. p. 32-54.