

H-562, HÍBRIDO DE MAÍZ DE ALTO RENDIMIENTO PARA EL TRÓPICO HÚMEDO Y SECO DE MÉXICO*

H-562, HIGH YIELDING MAIZE HYBRID FOR THE HUMID AND DRY TROPIC AREAS IN MEXICO

Noel Orlando Gómez Montiel^{1§}, Mauro Sierra Macías², Marino González Camarillo³, Miguel Ángel Cantú Almaguer⁴, Alfonso Ramírez Fonseca⁵, José de Jesús Wong Pérez⁶, Margarito Manjarrez Salgado⁷, José Luis Ramírez Díaz⁸ y Alejandro Espinosa Calderón⁹

¹Mejoramiento Genético de Maíz, Campo Experimental Iguala, INIFAP. km 3 carretera Iguala-Tuxpán. Apartado Postal 29. C. P. 40000 Iguala, Guerrero, México. ²Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. ³Programa de Socioeconomía, Campo Experimental Iguala, INIFAP. ⁴Programa de Maíz, Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. ⁵Mejoramiento Genético de Maíz, Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. ⁶Programa de Arroz y Maíz, Campo Experimental Valle de Culiacán, INIFAP. ⁷Programa de Semillas, Campo Experimental Iguala, INIFAP. ⁸Programa de Maíz, Campo Experimental Altos de Jalisco, INIFAP. ⁹Programa de Producción de Semillas, Campo Experimental Valle de México, INIFAP. [§]Autor para correspondencia:

En el trópico y subtropico bajo de México se siembran con maíz más de 1.5 millones de ha de alto potencial productivo (Gómez *et al.*, 2001), en donde es posible lograr un rendimiento medio superior a 7 t ha⁻¹. Una forma de lograr estos altos rendimientos es a través de la siembra de híbridos, los cuales se caracterizan por la estabilidad de rendimiento en ambientes favorables y mayor uniformidad y sanidad de planta y mazorca. Sin embargo, el movimiento tan intenso de germoplasma introducido, aunado a los cambios climáticos por la presencia cada vez más frecuente de los fenómenos conocidos como “El Niño y “La Niña” (INIFAP, 2003), ha dado lugar a la creciente presencia de enfermedades, sobre todo al sembrarlos fuera de su área de adaptación. Estos cambios ambientales exigen la generación de genotipos de maíz con características de resistencia a condiciones adversas de cultivo; el híbrido H-562 cumple ventajosamente estas exigencias, tolera tizones, “mancha de asfalto” (*phyllachora maydis* y *monographella maydi*) y royas (*puccinia sorghi* y *puccinia polysora*) y, cuando la infestación no es severa, expresa el potencial genético que es superior a 10 t ha⁻¹.

El híbrido de maíz H-562 se obtuvo a través de un proyecto de investigación iniciado en 1996, cuyo propósito fue generar nuevos maíces para la región Pacífico Sur (Gómez, 1996). En los primeros años H-562 no se había identificado como sobresaliente porque la exploración de ambientes fue mínima, pero en una etapa posterior a esta investigación se

pudo observar en otros ambientes como el subtropico bajo y el trópico húmedo, en donde expresó su amplia adaptación, consistencia y alto rendimiento.

El H-562 se obtuvo al combinar cinco probadores de Cruza Simple (CS) con 40 líneas sobresalientes de varios programas de mejoramiento genético del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (Gómez, 1998); tiene la arquitectura de planta de los híbridos modernos y compite ventajosamente con los híbridos de las compañías privadas, sobre todo en ambientes con presencia de enfermedades. Otras características de este híbrido es que cumple con los parámetros de calidad de grano que exige la industria de la harina nixtamalizada, ya que el color de grano es blanco y endospermo duro.

El H-562 es un híbrido trilineal, cuya hembra es la cruza simple LT-154 x LT-155, probador del trópico húmedo del Programa de Mejoramiento Genético del Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, del INIFAP, que fue liberada sin éxito en los 90's como H-513; el problema fundamental fue que al ser éste un híbrido de cruza simple, el costo de producción de semilla era alto; estos progenitores se avanzaron en endogamia en el Campo Experimental Iguala del INIFAP y el híbrido se combinó con líneas sobresalientes del INIFAP y del CIMMYT, para abaratar la producción

* Recibido: Noviembre de 2006
Aceptado: Diciembre de 2007

de semilla, la línea B₄₁ obtenida en Jalisco (Gómez *et al.*, 2001) se formó el H-562, o sea es un híbrido que combina germoplasma del trópico húmedo con subtropical, ambos de la raza Tuxpeño.

El proceso para obtener el H-562 se inició en 1996 y fue hasta el año 2004 cuando se obtuvo la información suficiente para promover su inscripción ante el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) para su liberación comercial. Una calendarización del proceso de investigación que se llevó a cabo para generar el híbrido H-562 data de 1984, cuando se observaron más de 2000 líneas S₂ en Ocozocoautla, Chiapas; posteriormente, en 1985 se estableció un proyecto para identificar pares heteróticos a partir del uso de las líneas T₁₁ y T₁₂, macho del H-507, como probadores de 100 líneas seleccionadas del grupo inicial de 2000, y con la información obtenida en la evaluación de estas cruza de prueba se obtuvo el H-513. Por otro lado, el proceso para obtener la línea B₄₁ se inició en 1992 en el Programa de Mejoramiento Genético del Campo Experimental Tlajomulco, Jalisco (Gómez *et al.*, 2001). De esta manera de 1996-1997, se planearon cruzamientos con las líneas del trópico y subtropical más sobresalientes del INIFAP y las del trópico del CIMMYT; sin embargo, fue en una etapa posterior iniciada en 1998 cuando se identificó al H-562 como un híbrido sobresaliente. La calendarización del proceso para obtener este híbrido se presenta en el Cuadro 1, y posteriormente se describen el híbrido y los progenitores.

La crusa simple hembra del H-562, como crusa simple se liberó al comercio en el Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, como H-513, pero por el alto costo de la producción de semilla, no llegó a utilizarse masivamente. Las dos líneas que lo forman se seleccionaron después de cruzar 100 nuevas líneas con las líneas T₁₁ y T₁₂ que forman un patrón

heterótico trópico húmedo x trópico seco (Reyes, 1985). El propósito fue identificar un nuevo patrón heterótico con mejores características agronómicas que T₁₁ x T₁₂, aunque resultó de alto rendimiento, es alto y tardío y tampoco pudo comercializarse como el H-511 en los 80's por su alto costo en la producción de semilla. Estas líneas se registraron como LT-154 y LT-155 y provienen de las poblaciones Tuxpeño crema y "La Posta", respectivamente, ambas pertenecientes a la raza Tuxpeño.

El H-562 es altamente rendidor, produce mazorca grande de grano blanco semidentado, de buena cobertura y con resistencia a tizones, royas y "mancha de asfalto". Es de porte intermedio-alto con una altura de planta promedio de 275 cm y una altura de mazorca menor a 130 cm. Para la producción de semilla es necesario sembrar los progenitores en fechas diferentes; la hembra LT-154 sembrada a tiempo y 10 días después del macho LT-155.

La espiga es abierta y con gran número de ramas, espiguillas de color morado-verde y anteras amarillas. Se han identificado diferentes patrones heteróticos, entre ellos grano dentado por cristalino (Hallauer, 1990; Vasal y Córdova, 1996; Eberhart, *et al.*, 1995) que es el más explotado; sin embargo, en el H-513 se pudiera manejar tres posibilidades: hoja ancha x hoja angosta, el color de lámina de la hoja es verde claro x verde oscuro, y ciclo biológico tardío intermedio.

La línea tropical denominada LT-154, fue identificada como sobresaliente en el Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, del INIFAP; proviene de la población Tuxpeño crema que pertenece a la raza Tuxpeño. La línea LT-154 se avanzó en endogamia en el Campo Experimental Iguala del INIFAP durante cuatro generaciones más, haciéndose una selección hacia posición más baja de mazorca, buena cobertura, mayor calidad de tallo y grano más blanco; tiene una altura de planta

Cuadro 1. Esquema del proceso de obtención del híbrido de Maíz H-562.

Ciclo de siembra	Actividad
1985	Prueba de aptitud combinatoria de 100 líneas S ³ de diferentes variedades y poblaciones, usando como probadores las líneas que forman el patrón heterótico tropical H-511 (Macho del H-507)
1986	Identificación del patrón heterótico H-513 formado con una línea con alta ACE, con T ₁₁ y otra que se obtuvo con T ₁₂
1994	Liberación comercial de H-513
1993-1995	Identificación de la línea ST30 (B ₄₁) como un progenitor de alta ACG
1996	Prueba de nuevas combinaciones entre el probador H-513 y líneas endogámicas sobresalientes de seis programas de mejoramiento genético, incluyendo B ₄₁
1999-2003	Evaluación del híbrido H-562 en 15 ambientes, incluyendo su evaluación bajo presión de las enfermedades "mancha de asfalto", royas y tizones
2003-2004	Validación semicomercial con productores
2005	Registro ante SNICS y liberación comercial para su siembra masiva por productores

y mazorca de 170 y 60 cm, respectivamente, la hoja tiende a ser ancha, tallo grueso, color de espiguillas café-guinda y estigma de color rosa; la mazorca tiene grano dentado y una floración tardía de 60 a 63 días en primavera-verano. Hoja ancha, color verde claro, por el alto rendimiento y tamaño de grano se utiliza como hembra en la producción de semilla.

La línea tropical registrada como LT-155 en Cotaxtla, Veracruz, que interviene como macho en la formación del híbrido H-513 y que se avanzó en endogamia durante cuatro generaciones más en el Campo Experimental Iguala del INIFAP; es una línea de porte intermedio-bajo de 180-200 cm, altura de planta y mazorca baja, menor a 80 cm, espiga con numerosas ramas y espiguillas color café-verde y antera amarilla que produce abundante polen, entrenudos largos, estigmas rosas a amarillos, floración intermedia de 53 a 55 días, buena cobertura de mazorca, la cual es alargada, cónica cilíndrica de grano blanco cristalino, hojas color verde-oscuro con tintes morados, igual que el totomoxtle, es de hoja angosta. Por la alta emisión de polen se usa como macho en la producción de semilla.

La línea macho del H-562, denominada como B₄₁₇, es una línea endogámica subtropical obtenida por el INIFAP en Tlajomulco, Jalalisco, de un sintético tardío formado con líneas que forman híbridos comerciales del subtrópico, por lo que es una línea de segundo ciclo (Hallauer *et al.*, 1988) porte intermedio a bajo, con 180 cm de altura de planta y 90 cm

de altura de mazorca, tiende a 'cuatear' (producir al menos dos mazorcas), espiguilla color verde y antera amarilla, la espiga tiende a ser compacta y jilote tiene estigmas de color blanco, mazorca de buena cobertura, tipo bolita, e hileras irregulares, grano chico color blanco cristalino, y tiene alta aptitud combinatoria general.

En la formación del híbrido H-562 interviene germoplasma tropical y subtropical, la adaptación es muy amplia y ha sobresalido en las regiones cálidas y semicálidas de los estados de Tamaulipas, Yucatán, Chiapas, Guerrero, Nayarit y Sinaloa; se adapta a los climas Aw₀, Aw₁, A (C)w₀ y a suelos profundos con pH de 6.5 a 8.3; y responde bien a ambientes con alta humedad relativa, por lo que es resistente a varias enfermedades, ya que esta condición con varios días nublados son propicios para el desarrollo de hongos (Hock, 1988). El potencial de rendimiento de grano es mayor a 10 t ha⁻¹ y ha mostrado diversas cualidades sobre todo al compararse con los mejores híbridos de las compañías privadas en las evaluaciones para el Comité Calificador de Variedades de Plantas (Cuadros 2 y 3).

En la producción de semilla básica y registrada a cargo del INIFAP, se aplican las normas requeridas por el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de aislamiento por distancia o tiempo (Coutiño, 1993); en el caso de la producción de semilla certificada a cargo de organizaciones de productores, microempresas semilleras,

Cuadro 2. Rendimiento de grano de los maíces sobresalientes evaluados por el CCVP. El ensayo incluyó 25 genotipos. Iguala, Guerrero. Ciclo primavera-verano 2000.

Genealogía		Rendimiento (t ha ⁻¹)	Calificación planta	Calificación mazorca	Altura planta (cm)	Días a floración
H-516 (T)	(2)	5.898*	7.9	7.8	250	62
A-Pantera	(3)	5.872*	8.0*	8.3*	286	62
H-562	(4)	5.748*	8.1*	8.3*	273	61
P-3028 W	(7)	5.605*	8.3*	7.9	281	60
P-30F94	(13)	5.392*	7.9	8.1*	284	64
Media		5.538	8.1	8.0	265	62
C.V.		14.4	4.3	5.2	----	---
D.M.S. (5%)		1.192	0.48	0.59	----	---

() Lugar que ocupó en el experimento, (T) Testigo; * Primer grupo de significancia al 5% de probabilidad de error; Comité Calificador de Variedades de Plantas (CCVP); Calificación de mazorca de 1-10, 1= mala calidad; 10= excelente calidad.

Cuadro 3. Rendimiento de grano de los híbridos sobresalientes evaluados para el CCVP. Iguala, Guerrero. El ensayo incluyó 25 genotipos. Ciclo primavera-verano 2002.

Genealogía	Rend. (t ha ⁻¹)	Aspecto		Mazorca Podrida ha	Calificación Acame	Alturas		Días a floración		
		Pl	Mz			Pl	Mz	Fem	Masc	
H-562	(2)	8.329*	8.6	8.9*	0	8.5*	185	88	55	55
DK-2002	(3)	8.198*	9.0*	8.8*	1923	8.9*	181	81	56	55
H-516 (T)	(6)	7.665	8.4	8.5	962	8.4	184	90	55	54
Hartz Z21	(7)	7.648	7.9	8.0	6731*	8.0	190	95	55	52
Pioneer 3086	(8)	7.526	8.0	8.4	481	8.1	204	115*	59*	57*
Aspros 911	(9)	7.499	8.4	8.5	962	8.3	206*	101*	54	53
Pioneer 30F94	(13)	7.376	8.3	8.4	3365	8.1	218*	115*	59	57*
Media		7.354	8.3	8.4	2260	8.3	194	96.2	55.3	53.7
C.V.		7.0	2.7	3.4	47.0	3.3	5.6	11.5	2.7	1.5
D.M.S.		732	0.3	0.4	1505	0.38	15.2	15.6	2.1	1.1

() Lugar que ocupó en el experimento; Primer grupo de significancia al 5% de probabilidad de error; Comité Calificador de Variedades de Plantas (CCVP).

despachos o municipios, éstos deben adquirir la semilla registrada. Para ello se tienen que cumplir los requisitos de entregar una solicitud que incluya las cantidades de los progenitores, y también el registro federal de causantes de la microempresa semillera; además, como la producción de semilla certificada será supervisada por inspectores del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), se tiene que realizar una inscripción ante la Secretaría de Hacienda (SH), requisitando el formato 5 con un pago mínimo por hectárea fijado por el SNICS. Personal investigador del INIFAP podrá hacer la capacitación necesaria si se le solicita, para que se logre producir semilla de calidad.

En el caso específico de la producción de semilla certificada del H-562 se manejan dos progenitores: la hembra, que corresponde al híbrido simple H-513, y el macho, que es la línea endogámica B₄₁. La relación de siembra recomendada es de dos surcos de macho por cuatro de hembra; esta última se desespiga cuando la planta está en embuche, sin permitir que se derrame polen, ya que esto provoca mezclas que demeritan la calidad genética de la semilla.

El manejo del cultivo es similar al que se usa para producir grano; sin embargo, el lote de producción debe tener todas las condiciones favorables de ubicación geográfica, riego y fácil acceso para agilizar las visitas de los inspectores de campo y el movimiento de cosecha; así mismo, debe estar aislado por espacio y/o tiempo de otras siembras de maíz. Las densidades de población varían entre la hembra y macho; de la hembra se sugiere sembrar unas 50 000 a 60 000 plantas ha⁻¹ y del macho, entre 60 000 y 70 000 plantas

ha⁻¹, lo anterior, con el propósito de permitir un mayor tamaño de mazorca y grano de hembra, que corresponde a la semilla certificada o comercial y por otra parte, para que se tenga una mejor polinización al sembrar mayor número de plantas del macho. Es muy importante que el control de plagas y malezas, así como la aplicación de fertilizantes se haga oportunamente, ya que como el macho es una línea endogámica que por naturaleza es débil (Lamkey y Smith, 1987; Meghji *et al.*, 1984), puede tener un desarrollo menor y entonces la espiga pudiera estar al mismo nivel o más baja que el jilote de la hembra, lo que complicaría la polinización, y en consecuencia, se tendría un menor rendimiento de semilla.

Para que haya coincidencia entre las floraciones de la hembra y el macho, se debe sembrar primero el macho y 8 a 10 días después, la hembra; esta diferencia entre el macho y hembra es válida para el ciclo de otoño-invierno, pero para el ciclo de siembra primavera-verano el intervalo entre floraciones se reduce de 6 a 8 días. Para asegurar un buen desarrollo del macho se recomienda hacerle dos o tres aplicaciones de fertilizante foliar y una aplicación extra de nitrógeno. La dosis de fertilización recomendada para la hembra es 120-60-60 y para el macho 160-60-60; la primera aplicación se hace en la siembra y la segunda, 40 a 50 días después, tanto a la hembra como al macho; además, se sugiere hacer una tercera aplicación de 40 unidades de nitrógeno 10 días después de la segunda aplicación. Otras consideraciones que hay que hacer es que pudiera haber mezclas mecánicas o genéticas, tanto en la hembra como en el macho, por lo que habría que hacer desmezcles periódicos, al menos uno en la etapa vegetativa y otro antes del inicio de floración.

Los híbridos expresan su máximo potencial genético, siempre y cuando se les proporcionen todas las condiciones favorables del cultivo, y el H-562 tiene un potencial genético mayor a 10 t ha⁻¹. Se debe procurar controlar oportunamente las plagas de la raíz y del follaje y además la maleza; aplicar la dosis de fertilización 120-60-60 en dos partes, la mitad del nitrógeno, 100% del fósforo y potasio en la siembra y la otra mitad del nitrógeno a los 40 días. Además, sembrar una densidad de población de 62 500 plantas ha⁻¹, que se obtiene al separar los surcos a 80 cm y las matas de dos plantas cada 50 cm y de una planta cada 25 cm, si se siembra manualmente ó con sembradora mecánica respectivamente.

La semilla registrada de progenitores del híbrido H-562, es incrementada en el Campo Experimental Iguala, donde puede adquirirse por empresas y productores interesados en multiplicar semilla certificada.

LITERATURA CITADA

- Carballo C., A., y A. Benítez V. A. 2003. Manual gráfico para la descripción varietal del maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)-Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS)-Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (CP). 114 p.
- Coutiño E., B. 1993. Normas y técnicas para producir semilla certificada de variedades de maíz, Ocozocoautla, Chiapas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPAS)-Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH). 32 p. (Folleto Técnico Núm. 7).
- Eberhart, S. A.; Salhuana, W., Sevilla, R. and Taba, S. 1995. Principles for tropical maize breeding. *Maydica* 40:339-355.
- Gómez M., N. O.; Ramírez D. J. L., y Turrent F. A. 2001. H-516, maíz de alto rendimiento para regiones cálidas y semicálidas de México. División Agrícola, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPAS)-Campo Experimental Iguala (CEIGUA). 20 p. (Folleto Técnico Núm. 8).
- Hallauer, A. R., Russel, W. A. and Lamkey, K. R. 1988. Corn breeding. *In*: "Corn and corn improvement". *In*: Sprague G. F. and Dudley J.W. (Eds.) p. 436-565. Agronomy monograph 18; A. S. A. Madison, Wisc.
- Hallauer, A. R. 1990. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica* 35:1-16.
- Hock, J. 1988. El "complejo mancha de asfalto" del maíz en México, *In*: Enfermedades de cultivos básicos (maíz, frijol y papa), 5-10 de septiembre. Centro de Fitopatología, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo Estado de México, México.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2003. Pronóstico climático 2003, niño o niña, estrategias preventivas de mitigación para el estado de Guerrero. Mayo 2003, México, D. F.
- Lamkey, K. R. and Smith O. S. 1987. Performance and inbreeding depression of populations representing season eras of maize breeding. *Crop Sci* 27:695-699.
- Meghji, M. R.; Dudley J. W., Lambert R., and Sprague G. F. 1984. Inbreeding depression, inbred and Hybrid grain yields, and other trait of maize genotype representing three eras. *Crop Sci*. 24:545-549.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenética básica aplicada. AGT, Editor S.A., México, D. F.
- Vasal, S. K., y Córdova H. 1996. Heterosis en maíz: Acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. Memorias del curso internacional de Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), p. 32-54.