

ANÁLISIS Y COMENTARIO

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE SEMILLA DE MAÍZ EN VALLES ALTOS DE MÉXICO¹

Juan Virgen-Vargas², Rosalba Zepeda-Bautista³, Miguel Angel Avila-Perches⁴, Alejandro Espinosa-Calderón², José Luis Arellano-Vázquez², Alfredo Josué Gámez-Vázquez⁴

RESUMEN

Producción y calidad de semilla de maíz en Valles Altos de México. El objetivo del presente trabajo fue incrementar la productividad de maíz en los Valles Altos de México, en los campos experimentales Valle de México y Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se realizaron las siguientes actividades: producción de semilla registrada para fortalecer a microempresas de semillas de capital nacional, evaluación de la calidad de semilla certificada y generación de tecnología de producción. Durante el periodo entre 2005 y 2013, se produjeron y vendieron 46,71 t de semilla registrada de los progenitores de los híbridos H-40, H-48, H-50, H-52, H-66, H-70 y H-161 y de las variedades de polinización libre VS-22, V-54A y V-55A a 31 microempresas de semillas del Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Hidalgo, Morelos, Guanajuato, Michoacán y Jalisco, con ello se abarcó el 60% de la demanda por año (8,68 t). En 2013 y 2014 se firmaron convenios para producir semilla registrada entre INIFAP y cuatro microempresas. La semilla certificada producida por las empresas reunió los estándares de las normas de certificación: $\geq 85\%$ de germinación, 98% de pureza y menos de 2% de materia inerte y con peso hectolítrico entre 72 y 78 kg/hl, peso de mil semillas entre 288 y 361 g y calidad genética entre 96 y 98% de plantas del tipo verdadero. Se generó información sobre localidades, rendimientos potenciales, densidad de población y fechas de siembra para la producción de progenitores, líneas y cruza simples, en el Estado de México y Tlaxcala.

Palabras clave: *Zea mays* L., tecnología de semilla, semilla de progenitores.

ABSTRACT

Seed production and quality of maize in High Valleys of Mexico. The objective of this study was to increase the productivity of maize in High Valleys of Mexico, at the Valley of México and Bajío Experimental Stations of the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP). The following activities were carried out: production of registered seed to strengthen seed micro-enterprises of national capital, quality evaluation of certified seed, and generation of production technology. Between 2005 and 2013, 46.71 tons of registered seed of the hybrids parents: H-40, H-48, H-50, H-52, H-66, H-70 and H-161, and the varieties: VS-22, V-54A and V-55A were produced and sold to 31 seed producers in the Estado de Mexico, Tlaxcala, Puebla, Hidalgo, Morelos, Guanajuato, Michoacan, and Jalisco; that satisfied 60 % of demand per year (8.68 t). In 2013 and 2014, agreements were signed between INIFAP and four micro-enterprises to produce registered seeds. The certified seed produced by companies reached certification standards, germination percentage ≥ 85 , 98% pure seed and less than 2% inert matter; test weight between 72 and 78 kg/hl, thousand seed weight between 288 and 361 g and genetic quality between 96 and 98 % of the true type plants. The study identified information about locations, potential yields, population density, and planting dates for the production of parents, lines and single crosses, in the Estado de Mexico and Tlaxcala.

Keywords: *Zea mays* L., seed technology, parents seed.

¹ Recibido: 18 de noviembre, 2014. Aceptado: 21 de mayo, 2015. Este trabajo forma parte de los proyectos "Generación de tecnología para la producción de semilla de maíz y su transferencia a empresas semilleras en el Centro de México" e "Impulso a la innovación de maíz en Valles Altos y Zona de Transición de México" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México.

² INIFAP-Campo Experimental Valle de México, Km. 13.5 Carretera Los Reyes-Textcoco, Coatlinchán, Textcoco, Estado de México, C.P. 56250 México. Tel. 01 595 92 126 57 ext. 194, 198, 184. jvirgen_vargas@hotmail.com, arevajolu@yahoo.com.mx, espinosa.calderon@inifap.gob.mx

³ Instituto Politécnico Nacional, Sección de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco, Unidad Profesional 'Adolfo López Mateos'. Col. Lindavista, México, D.F. C.P. 07738. Mexico. rzb0509@hotmail.com

⁴ INIFAP-Campo Experimental Bajío, Km. 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México. aperchesm@yahoo.com.mx, gamez.josue@inifap.gob.mx



INTRODUCCIÓN

En el 2013 en los estados de Tlaxcala, Puebla, Hidalgo, Querétaro, Michoacán, Morelos, Guanajuato, Distrito Federal y Estado de México ubicados en la región de los Valles Altos de México (2200 msnm), se sembraron con maíz dos millones de hectáreas, con un rendimiento de 2,7 t/ha (SIAP, 2013), que representan el 27,4% de la superficie nacional sembrada con maíz. La producción por unidad de superficie es baja y se requiere incrementarla, pues cada vez la superficie para el cultivo es menor y la demanda aumenta. Una alternativa es utilizar semilla de calidad de variedades mejoradas con características agronómicas y productividad sobresalientes para condiciones de temporal y riego adaptadas a esta región.

En México, en el 2013 se cosecharon 6484 ha de semilla certificada de maíz, con un rendimiento promedio de 6,84 t/ha y una producción de 44 332 t; cantidad necesaria para sembrar 2 216 647 ha (considerando 20 kg de semilla categoría certificada por hectárea). Esta superficie corresponde al 29,6% de la nacional sembrada con maíz (SIAP, 2013). Sin embargo, en los Valles Altos de México solo el 6% de la superficie cultivada con maíz utilizan semillas certificadas (González et al., 2008) y en la región de Amecameca, Estado de México, solo el 4% (Jolalpa et al., 2014).

En la generación de variedades mejoradas y producción de semilla de maíz, instituciones de investigación y enseñanza agrícola han contribuido a la oferta de semilla de calidad. El Colegio de Posgraduados (CP) oferta semilla de categoría certificada de los híbridos HS-2 y CP-Promesa, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) proporciona semilla de categoría registrada de líneas y cruza simples de maíces a empresas semilleras, el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX) ofrece los híbridos Hit-7, Hit-9, Victoria, Aculco e Insurgentes (Larque et al., 2013; Domínguez y Donnet, 2014). El INIFAP produce y vende la semilla de los progenitores de los híbridos H-40, H-48, H-50, H-52, H-66, H-70 y H-161 y de las variedades VS-22, V-54A y V-55A a 31 microempresas de semilla certificada del Estado de México, Puebla, Querétaro, Michoacán, Guanajuato, Morelos, Hidalgo, Jalisco y Tlaxcala, y se genera la tecnología de producción de semilla en la región de Valles Altos

(2200-2600 msnm) y Zona de Transición (1800-2000 msnm) de México (Virgen et al., 2010; Larque et al., 2013; Virgen et al., 2014a; Virgen et al., 2014b).

Desde 2005 a la fecha, la producción de semilla certificada de variedades mejoradas del INIFAP por microempresas de capital nacional, ha constituido una alternativa viable para la adopción de la tecnología para la producción de grano de maíz en los Valles Altos y Zona de Transición de México. En los estados de Michoacán, Guerrero y Tlaxcala existen grupos de productores de semillas organizados, que abastecen las necesidades de semilla certificada con materiales genéticos del INIFAP (Vallejo et al., 2008; Barillas et al., 2010; Barrón, 2010), lo que permitió ofertar a un precio 50% menor para el productor, en comparación con las empresas de capital extranjero. El 75% de los híbridos y variedades de maíz generados para Valles Altos, que venden las empresas de semillas, fueron obtenidos del INIFAP (Domínguez y Donnet, 2014); estas variedades constituyen el 11,85% de los híbridos y variedades de maíz registrados en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV; SNICS, 2012). En otros países, al evaluar la participación de asociaciones de productores de semillas de Portuguesa, la mayor cantidad sembrada fue producida por las empresas Pioneer y Cargill (Vielma et al., 2005).

La calidad de la semilla de variedades mejoradas de maíz es esencial para un uniforme y rápido establecimiento del cultivo (Copeland y McDonald, 2001), así como la alta productividad. Cuando se evaluó la calidad física y fisiológica de la semilla certificada producida por once microempresas vinculadas con INIFAP (Virgen et al., 2014b), esta reunía los estándares de calidad de las normas de certificación ($\geq 85\%$ de germinación, 98% de semilla pura y menos del 2% de materia inerte). La calidad genética de las semillas garantiza que las plantas obtenidas a partir de ellas posean las características de la variedad (Kelly, 1988). En la semilla certificada producida en 2012 se encontró, en promedio, 95% de plantas dentro de tipo (Virgen et al., 2014b).

Durante el proceso de producción de la semilla se controla su calidad; sin embargo, existe poca información sobre la tecnología de producción de semillas de categorías registrada y certificada. En híbridos, se han evaluado el rendimiento potencial y calidad de semilla de los progenitores (líneas y cruza simples), y se han identificado sitios de producción

(Espinosa et al., 2003b; Ávila et al., 2009; Arellano et al., 2010; Virgen et al., 2010; Arellano et al., 2011), densidades de población (Rojas et al., 2009; Barrón 2010; Espinosa et al., 2010; Virgen et al., 2014a), fechas de siembra (Virgen et al., 2013a), eliminación de la espiga (Espinosa et al., 2010; Virgen et al., 2014c), uso de androesterilidad en la producción de semilla híbrida (Espinosa et al., 2010), nutrición del cultivo (Zepeda et al., 2002) y la interacción genotipo x ambiente (Arellano et al., 2011; Virgen et al., 2013a; Virgen et al., 2014a). Sin embargo, aún es indispensable conocer el comportamiento de los progenitores, líneas y cruza simples, en las localidades de producción y su interacción con el ambiente para obtener una semilla híbrida de calidad.

El programa de tecnología de semillas de los campos experimentales Valle de México (CEVAMEX) y Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), realiza acciones de los proyectos: “Generación de tecnología para la producción de semilla de maíz y su transferencia a empresas semilleras en el centro de México” e “Impulso a la innovación de maíz en Valles Altos y Zona de Transición de México”, que tienen como objetivo incrementar la productividad del maíz en los Valles Altos de México, mediante la producción de semilla registrada, fortalecimiento de microempresas de capital nacional, evaluación de la calidad y generación de tecnología de producción de semilla.

El CEVAMEX está ubicado en Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, dentro del área de los 19° 17' latitud norte y 98° 53' longitud oeste con una altitud de 2250 msnm, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual oscila entre 12 y 18 °C, con una precipitación pluvial promedio anual de 645 mm. El CEBAJ se encuentra en Celaya, Guanajuato a 20° 31' latitud norte y 100° 48' longitud oeste, con una altitud de 1750 msnm, el clima en verano es seco y caluroso con tardes lluviosas, y templado en invierno con temperatura media anual de 18,5 °C y precipitación de 522 mm (INIFAP, 2012).

PRODUCCIÓN DE SEMILLA REGISTRADA DE PROGENITORES DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES

En el INIFAP, la planeación de los programas de producción de la categoría registrada de los

progenitores se realiza con base en las solicitudes anticipadas y a las ventas de semilla de las variedades con registro en el CNVV. Las solicitudes se reciben hasta el 31 de octubre del año previo a la siembra del programa de producción de semilla, toda vez que la producción se hace por pedido. Al adquirir la semilla, las microempresas productoras se comprometen a seguir el esquema de multiplicación: original, básica, registrada y certificada, y seguir las normas técnicas para la producción de semilla certificada (SAG, 1975; Virgen et al., 2014b).

Durante el periodo del 2005 al 2013, en CEVAMEX y CEBAJ del INIFAP se cultivaron en promedio 11 ha en cada ciclo agrícola primavera-verano, en lotes aislados, de desespigamiento y polinización controlada; se sembraron las líneas progenitoras M-17, M-18, M-35, M-38, M-39, M-43, M-44, M-48, M-49, M-50, M-51, M-52, M-54, M-55, CML-242 y CML-246 de los híbridos H-40, H-48, H-50, H-52, H-66, H-70 y H-161, y las variedades VS-22, V-54A y V-55A.

En cada ciclo de producción se inició con la inscripción de los programas de producción de semilla en el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). La siembra se realizó a partir del 16 de abril hasta el 25 de mayo, de cada año evaluado en lotes aislados por tiempo y distancia para conservar la calidad genética de la semilla. Se utilizaron 20 kg de semilla/ha (15 kg ♀ y 5 kg ♂ para híbridos; 20 kg para variedades) a una densidad de población de 62 500 plantas/ha. La siembra se hizo con maquinaria. Para la obtención de semilla de cruza simples ♀ se estableció una relación de siembra de 4♀:1♂, y de las líneas ♂ y variedades en lotes aislados de polinización libre. El manejo agronómico se hizo con base a las recomendaciones del CEVAMEX y CEBAJ (Virgen et al., 2014a). Se fertilizó con la fórmula 150-70-30 (NPK), se aplicó con maquinaria la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y el potasio al momento de la siembra y el resto del nitrógeno en la segunda escarda, se usaron 326 kg/ha de urea, 152 kg/ha de superfosfato de calcio triple y 50 kg/ha de cloruro de potasio como fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Para el control de malezas se aplicó en preemergencia Atrazina + S-metolaclo a una dosis de 1,5 l/ha y Dicamba + Atrazina con una dosis de 2,0 l/ha en post-emergencia cuando la maleza tuvo una altura de 5 cm. En promedio, se realizaron cinco riegos a saber; al momento de la siembra, V3, V10, VT y R1 (Ritchie et al., 1993), el riego fue por gravedad con una lámina de 12 cm.

Durante el crecimiento vegetativo, antes de floración, cosecha y acondicionamiento de la semilla, se eliminaron las plantas y mazorcas fuera de tipo. Se hizo el desespigue (eliminación de la espiga del progenitor ♀) durante un periodo de 15 a 21 días, con cinco personas por hectárea cada tercer día. Se cosechó manualmente cuando se tuvo 16% de humedad en la semilla, para ello, previo a la cosecha, se realizaron dos muestreos para determinar el contenido de humedad, para lo cual se utilizó un medidor digital. El secado fue con aire, la semilla se colocó en celdas con ventiladores. El beneficio se hizo cuando la semilla tuvo 12% de humedad, se desgranó con máquina, se limpió manualmente, eliminando mazorcas fuera de tipo y enfermas y se clasificó por tamaños (plano y bola grande, mediano y chico) con una máquina de aire y zarandas. La semilla se trató con captan 30% + carboxin 13,30% 250 cc i.a./100 kg de semilla + deltametrina 20 cc i.a. + rodamina 100 cc + 270 cc agua/tonelada de semilla, y se envasó en costales de poli papel con tres capas. Se colocaron las etiquetas de certificación (morada, categoría registrada), proporcionada por el SNICS y la de CEVAMEX-INIFAP, con los datos del Instituto y las características agronómicas de los progenitores, los híbridos y las variedades. Posteriormente, se hicieron los trámites para dar de alta la semilla en el almacén y la venta se hizo a aquellas empresas que hicieron solicitud previa por escrito. Durante el proceso de producción se tuvieron, en promedio, tres visitas técnicas por personal del SNICS.

TRANSFERENCIA DE SEMILLA REGISTRADA A MICROEMPRESAS

Durante el periodo de 2005 a 2013 se produjeron y vendieron un total de 46,71 toneladas de semilla categoría registrada de progenitores de híbridos y de variedades de polinización libre de maíz. En promedio se produjeron 5,19 t por año, se inició en 2005 con una producción de 4,27 t, esta aumentó 58,33% en 2006, de 2007 a 2011 se tuvo una disminución pero en 2012 y 2013 se incrementó en 36,77 y 49,33% en comparación con 2011 (Figura 1). La fluctuación en la producción de la semilla se debió a factores como el bajo vigor de los progenitores (líneas y cruza simples), la variación del ambiente, la interacción

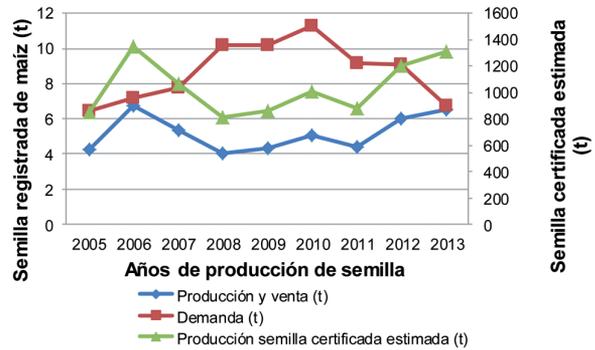


Figura 1. Producción de semilla de progenitores de híbridos y variedades de maíz en Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, de 2005 a 2013.

Figure 1. Seed parents production of hybrids and varieties of maize at Valley of México Experimental Station (CEVAMEX), Bajío Experimental Station (CEBAJ) of the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP), Mexico between 2005 and 2013.

progenitor x ambiente (Virgen et al., 2013a; Virgen et al., 2014a), y factores administrativos y financieros en el sistema de producción. En general, la cantidad de semilla producida no cubrió la demanda, en promedio se solicitaron 8,68 t por año y se vendió en promedio el 60% en 2005, el 66% en 2012 (Virgen et al., 2014b) y para 2006 y 2013 se abarcó el 94 y 97% de la demanda (Figura 1), esto debido a factores políticos y financieros prevalecientes en México.

Con la adquisición de semilla registrada de los progenitores de híbridos y de variedades, las microempresas de semilla, con capital nacional vinculadas con el INIFAP, sembraron en promedio 260 ha para producir semilla con categoría certificada, con una producción estimada promedio de 1038 t por año (considerando un rendimiento de semilla beneficiada de 4 t/ha) (Vallejo et al., 2008; Virgen et al., 2013a), útiles para sembrar cada año 51 900 ha de producción de grano de maíz (densidad de siembra de 20 kg/ha) (Figura 1). Bajo este mismo esquema, con la semilla producida y vendida en 2013, en el ciclo PV-2014 se sembraron 327 ha y se produjeron 1309,4 t, cantidad necesaria para sembrar 65 470 ha para obtener grano de maíz. Esta superficie representó el 9,35% de la superficie potencial para el cultivo de

maíz en los Valles Altos centrales de México (700 000 ha en riego y buen temporal).

En el período referido se produjo semilla registrada de progenitores de los híbridos H-33, H-40, H-44, H-48, H-50, H-51AE, H-52, H-66, H-70, H-135, H-151 y H-161, y de las variedades de polinización libre VS-22, V-54A y V-55A inscritos en el CNVV (SNICS, 2012). Entre híbridos el H-48 tuvo la mayor producción y demanda de semilla registrada (32% del total durante nueve años de producción), seguido del H-50, H-40 y H-52 (27, 14 y 9% de la producción total, respectivamente; Figura 2); esto debido a las características agronómicas y de productividad sobresalientes mostradas en la región de Valles Altos y Zona de Transición de México (Espinosa et al., 2003a; Espinosa et al., 2003b; Ávila et al., 2009). Los híbridos H-66, H-70 (Arellano et al., 2010; Arellano et al., 2011), H-51AE (Espinosa et al., 2012) y H-161 participaron solo entre 2 y 0,2% del total de la producción, porque son materiales nuevos registrados en 2011, 2010 y 2009 y tiene entre cuatro y dos años de producción de semilla registrada (Figura 2). Las variedades VS-22, V-54A y V-55A fueron las menos demandadas, entre 1,3 y 2,4%; la VS-22 es una variedad de grano blanco con buena calidad nutricional del forraje, y las V-54A y V-55A son de grano amarillo de recién registro en el CNVV (Espinosa et al., 2011).

Las CS ♀ CML-246 x CML-242 y M-17 x M-18 son las de mayor producción con el 40 y 20% del total, debido a que son progenitores hembra y macho de los híbridos más solicitados H-40, H-48 y H-50; seguidas de la CS ♀ M-43 x M-44 (10%) progenitor hembra de H-52 y H-66 (Cuadro 1). De manera paralela, las líneas M-38, M-39 y M-48 fueron las de mayor producción (8, 4 y 3% del total de la producción, respectivamente), porque son requeridas para la producción de semilla certificada de los híbridos trilineales H-48, H-40 y H-52 (Cuadro 1). El INIFAP proporcionó los progenitores en pareja (hembra y macho) en cantidades de 15 y 5 kg/ha, y no se proporcionó solo un progenitor.

Debido a que la semilla es el insumo básico para aumentar la productividad del cultivo (Copeland y McDonald, 2001; Barrón, 2010), a partir del 2005, el INIFAP promovió la producción de semilla certificada por microempresas como una alternativa viable para la adopción de la tecnología para la producción de grano de maíz en los Valles Altos (2200-2600 msnm) y Zona de Transición (1800-2000 msnm) de México. Por ello,

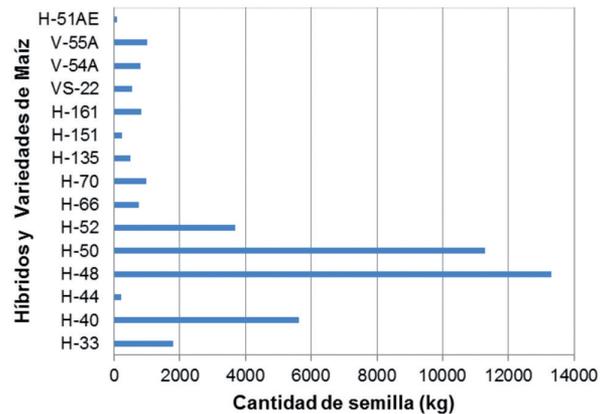


Figura 2. Híbridos y variedades de maíz para Valles Altos y Zona de Transición de México, demandados y ofertados en Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, durante el periodo 2005 a 2013.

Figure 2. Hybrids and varieties of maize for High Valleys and Transition Zones of Mexico, demanded and offered at Valley of México Experimental Station (CEVAMEX), Bajío Experimental Station (CEBAJ) of the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP), Mexico between 2005 and 2013.

toda persona física o moral puede solicitar por escrito progenitores para producir semilla certificada, toda vez que cumpla con las normas de certificación del SNICS (SAG, 1975). A la fecha se han recibido y atendido solicitudes de 31 microempresas en promedio por año. En 2005 se inició con la participación de doce hasta alcanzar un máximo de 58 microempresas en 2012, ubicadas en el Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos, Michoacán, Querétaro, Guanajuato y Jalisco; entre 2010 y 2013, del total de las empresas, veinte fueron del estado de Tlaxcala que siembran entre 1 y 3 ha de semilla certificada, el resto siembran superficies mayores a 5 ha. En 2012 y 2013, las microempresas El Trébol, Impulsora Agrícola La Laguna, Agrícola El Caudillo, Semillas Valle de México, Semillas Correa Mexicana y la Buena Siembra, adquirieron en promedio entre el 52 y 32% de la producción.

Con el desarrollo de los programas de producción de semilla registrada y de los proyectos de investigación titulados "Generación de tecnología para la producción de semilla de maíz y su transferencia a empresas

Cuadro 1. Producción de semilla categoría registrada de progenitores de híbridos de maíz para Valles Altos y Zona de Transición en México. Ciclos agrícolas primavera-verano 2012, 2013 y total. Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México.

Table 1. Registered seed production of progenitors of maize hybrids for High Valleys and Transition Zones in Mexico. Spring-Summer 2012, 2013, and total agricultural cycles. Valley of México Experimental Station (CEVAMEX), Bajío Experimental Station (CEBAJ) of the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP).

Genotipo	Progenitor	Producción (kg)		
		2012	2013	Total ¹
M-17 x M-18	CS ♀ H-50 y ♂ H-33	420	855	8839
M-43 x M-44	CS ♀ H-52 y H-66	1185	1660	4281
M-55 x M-54	CS ♀ H-70	300	385	748
CML-246 x CML-242	CS ♀ H-40, H-48 y H-50	2280	1915	17551
M-49 x M-50	CS ♀ H-161	90	*	495
M-28 x M-27	CS ♀ H-33	+	+	1128
M-46 x M-47	CS ♀ H-44	-	-	144
M-53 x M-18	CS ♀ H-51 AE	17	*	62
M-38	Línea ♂ H-48	1040	100	3584
M-39	Línea ♂ H-40	195	50	1548
M-48	Línea ♂ H-52	*	440	1299
M-52	Línea ♂ H-66	*	55	166
M-35	Línea ♂ H-151	400	*	732
M-51	Línea ♂ H-161	45	*	204
CML-242	Línea ♂ H-70	115	80	228
VS-22		560	*	560
V-54A		800	*	800
V-55A		1000	*	1000

¹Producción total durante el periodo entre 2005 y 2013 / Total production during the period between 2005 and 2013.

*Materiales genéticos que no se produjeron en ciclo primavera-verano 2013 porque se tenía en almacén del ciclo anterior / Genetic materials that were not produced in spring-summer 2013 because it had stored seeds from the previous cycle

· Se dejó de producir en 2011 / Seed production ends in 2011.

· Se dejó de producir en 2009 / Seed production ends in 2009.

semilleras en el Centro de México” e “Impulso a la innovación de maíz en Valles Altos y Zona de Transición de México” ejecutados en el CEVAMEX y CEBAJ del INIFAP se ha observado el inicio y crecimiento de las microempresas El Trébol (Puebla), Impulsora Agrícola La Laguna y Semillas Valle de México (Edo. de México), ESNavig y Agricultura Sustentable Muñoz (Tlaxcala), Agrícola El Caudillo (Morelos), Semillas Correa Mexicana, Productora de Semillas Azteca (Hidalgo), y recientemente Iyadilpro

y SEMMEX (Jalisco); así como la incursión de las instituciones de enseñanza agropecuaria en la producción de semillas como el Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala y los CBTA No. 162 y 134 (Tlaxcala) y la Universidad Autónoma del Estado de México.

En el CEVAMEX-INIFAP existe un reglamento interno para la “producción, almacenamiento, comercialización, degradación y baja de semillas”, donde se destaca: 1) los programas de semilla deberán

responder a demandas específicas y a ventas realizadas de las variedades con registro en el CNVV y seguir el esquema de multiplicación: original, básica, registrada y certificada, y pueden ser operados directamente por el INIFAP o convenidos con un tercero, 2) la producción se hará siguiendo las normas técnicas para obtener semilla certificada, 3) la venta de semilla deberá estar respaldada por solicitud de compra-venta debidamente requisitada y por la ficha de depósito bancario, 4) Las solicitudes de semilla se aceptarán hasta el mes de octubre y serán la base para el programa de producción en el año siguiente, 5) los trámites para la venta y autorización se hacen a través de la Jefatura del Campo Experimental, 6) la venta de semilla básica o registrada de híbridos se hará condicionada a la formación de estos correspondientes a la categoría certificada, 7) el precio de las semillas básicas y registradas son determinados por la política de precios y tarifas de los productos y servicios del INIFAP (Virgen et al., 2014b).

CALIDAD GENÉTICA, FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA CATEGORÍA CERTIFICADA

En el laboratorio se evaluó la semilla certificada de los híbridos: H-40, H-48, H-50, H-52, H-66, H-70 y H-161, producida en los ciclos agrícolas primavera-verano de 2012 y 2013, por once microempresas productoras de semillas vinculadas con el INIFAP. Se determinó la calidad física y fisiológica mediante las siguientes variables: 1) peso de 200 semillas: se contaron y pesaron cinco repeticiones de 200 semillas con una balanza analítica, 2) peso hectolítrico: se determinó en una balanza digital y se expresó en kg/hl, 3) granos amarillos y azules: se contaron cinco repeticiones de 200 semillas, se cuantificó el número de amarillas y azules, y se calculó el porcentaje, y 4) germinación, con el método entre papel (ISTA, 2005), se utilizaron cuatro repeticiones de 100 semillas cada una.

En el predio de Coatlinchán, Estado de México del CEVAMEX, se evaluó la calidad genética en campo. En los ciclos agrícolas primavera-verano 2013 y 2014 se sembró la semilla certificada de los híbridos: H-40, H-48, H-50, H-52, H-66, H-70 y H-161. La siembra fue el 11 y 8 de mayo de 2013 y 2014 en cinco surcos de 10 m de largo y una separación de 0,80 m, a una densidad de población de 70 000 plantas/ha. El manejo

agronómico se hizo con base en las recomendaciones para el cultivo de maíz del CEVAMEX.

En sesenta plantas de la unidad experimental se realizó la medición de los descriptores de maíz (SNICS, 2010), estos fueron: 1) tallo: coloración por antocianinas en nudos, 2) hoja: coloración de la vaina en la hoja de la mazorca principal, 3) hoja: pubescencia sobre el margen de la vaina, 4) espiga: ángulo, 5) espiga: coloración por antocianinas en la base de las glumas, 6) jilote: coloración por antocianinas en los estigmas, 7) mazorca: forma, y 8) porcentaje de plantas fuera de tipo, definidas como aquellas plantas que no muestran las características morfológicas descritas en la descripción varietal del híbrido (SNICS, 2010), calculado a partir del número total de plantas en la parcela. El análisis de la información se realizó a través del procedimiento PROC UNIVARIATE del SAS y se obtuvieron los promedios (SAS Institute, 1989).

FORTALECIMIENTO A MICROEMPRESA DE SEMILLAS

Producción de semilla registrada con terceros

Para aumentar la disponibilidad de semilla de categoría registrada, y así satisfacer la demanda de las microempresas, se firmaron convenios para la producción con terceros que permitieron fortalecer a microempresas productoras de semilla vinculadas con el CEVAMEX-INIFAP. En el ciclo PV-2013, Impulsora Agrícola La Laguna sembró 2,25 ha para producir semilla registrada de las cruza simples M-43xM-44 y M-44xM-43, y Agrícola El Caudillo, El Trébol y ESNavig sembraron 1 ha, cada una, de la cruz simple CML-246xCML-242; para el ciclo PV-2014 Agrícola El Caudillo, El Trébol y ESNavig sembraron 1,5 ha, cada una, la cruz simple CML-246xCML-242.

Calidad física y fisiológica de semilla categoría certificada

En la evaluación de la calidad física, fisiológica y genética de la semilla certificada producida por once microempresas y por el CEVAMEX, en los ciclos agrícolas PV-2012 y 2013, se observó que la semilla certificada del híbrido H-40 producida por El

Trébol, Agrícola El Caudillo, ESNAVIG y Agricultura Sustentable Muñoz tuvo un peso hectolítrico entre 72 y 76 kg/hl, peso de mil semillas entre 432 y 305 g, porcentaje de semillas amarillas (PSA) entre 4 y 0,1% y porcentaje de germinación (PG) promedio de 91% (Cuadro 2), con un mínimo de 84% y un máximo de 97%. En el CEVAMEX la semilla producida tuvo 74 kg/hl, 305 g, 0,1% y 95% del INIFAP, respectivamente.

Cuadro 2. Promedio de la calidad física y fisiológica de semilla categoría certificada de híbridos de maíz, producidas por microempresas vinculadas con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México. Ciclos agrícolas primavera-verano del 2012 y del 2013.

Table 2. Average physical and physiological quality of certified seed of maize hybrids, produced by seed micro- enterprises linked with INIFAP. Agricultural cycles Spring-Summer 2012 and 2013.

Híbridos	Peso hectolítrico (kg/hl)	Peso de mil semillas (g)	Semillas amarillas (%)	Germinación (%)
H-40*	74,45	361,16	1,62	90,88
H-48†	72,88	317,01	0,17	92,83
H-50‡	74,94	340,03	0,11	94,10
H-66§	71,61	288,44	0,05	89,06
H-70¶	73,37	325,13	0,00	96,13
H-161‡	78,10	307,75	1,00	96,18

*, †, ‡, §, ¶, ‡ = promedio de 5, 10, 5, 3, 3 y 3 microempresas en dos años / average of 5, 10, 5, 3, 3, and 3 micro-enterprises in two years.

En la calidad de la semilla certificada del híbrido H-48 producida por El Trébol, Agrícola El Caudillo, ESNAVIG, Mi Ranchito, CEVAMEX, ITAT, Sociedad Rivera, Fermín Trujillo, Adalberto Hernández y Agricultura Sustentable Muñoz se tuvieron valores de peso hectolítrico entre 69 y 77 kg/hl, PMS entre 402 y 147 g, PSA entre 0 y 0,1% y porcentaje de germinación promedio en los dos años de 93% (Cuadro 2), con valores en las empresas entre 79 y 100, en comparación con los obtenidos de 75 kg/hl, 362 g, 0% y 88% en la semilla del CEVAMEX, respectivamente. En promedio, los valores de peso hectolítrico y de mil semillas, y porcentaje de germinación del híbrido H-50, producido por El Trébol, Agrícola

El Caudillo, ESNAVIG, SEVAMEX y Agricultura Sustentable Muñoz, fueron 75 kg/hl, 340 g, 0,11% y 94%, con un valor máximo de 99% y un mínimo de 84% de germinación en comparación con 91% de PG del CEVAMEX, promedio de dos años de producción (Cuadro 2).

En promedio, el híbrido H-66 presentó los valores menores de peso hectolítrico, de mil semillas y porcentaje de germinación, en comparación con el resto de los híbridos; mientras que el H-161 y el H-70 mostraron el mayor peso hectolítrico y germinación (Cuadro 2). Para germinación hubo diferencias entre híbridos y entre empresas (Figura 3), en H-66 varió entre 88% en El Trébol y 91% en ESNAVIG, en H-70 fue de 93% en ESNAVIG y 97% en INIFAP y para H-161 fue de 95% en ESNAVIG y 98% en INIFAP.

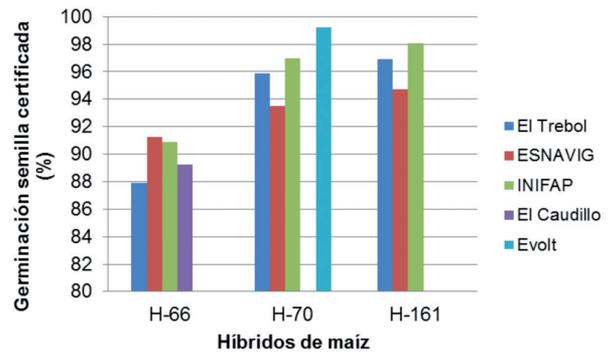


Figura 3. Porcentaje de germinación de semilla certificada de híbridos de maíz producida por las microempresas vinculadas con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, en los ciclos primavera-verano del 2012 y del 2013.

Figure 3. Percentage of certified seed germination of maize hybrids produced by seedmicro-enterprises linked with the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP), Mexico. Spring-Summer 2012 and 2013 agricultural cycles.

Los valores promedio de peso hectolítrico (entre 70 y 75 kg/hl) y peso de mil semillas (entre 250 y 350 g), obtenidos en la evaluación de la calidad física de semilla certificada, coinciden con los valores reportados por Fernández (1990), Zepeda et al. (2002) y Pérez et al. (2006). En tanto que el porcentaje de germinación obtenido para evaluar la calidad fisiológica de los

híbridos fue mayor 8,19% al establecido en la norma de certificación (85% de germinación) (SAG, 1975).

Calidad genética de semilla categoría certificada

La calidad genética es el componente más importante, debido a que garantiza que las plantas obtenidas posean las características sobresalientes que el fitomejorador obtuvo en la variedad, es controlada durante el proceso de producción de la semilla (Kelly, 1988). En los dos años evaluados, en todos los híbridos se observó en promedio 4,6% de plantas fuera de tipo. Sin embargo, en 2013 se obtuvo una disminución promedio de 50,3% de plantas fuera de tipo (en 2012 6,12 y en 2013 3,14%) (Cuadro 3), lo que indica que las empresas mejoraron el proceso técnico de producción, al adquirir mayor conocimiento de las características morfológicas, fenológicas, fisiológicas, de adaptación y técnicas de producción de los progenitores de los híbridos de maíz, básico para la producción de semilla (Virgen et al., 2013a y 2014a).

En promedio, el híbrido H-161 presentó el mayor porcentaje de plantas fuera de tipo y el H-66 el menor (Cuadro 3). En el H-161 se contabilizó una variación entre las microempresas de 8,8 y 2,3% de plantas

fuera de tipo, mientras que en el H-66 de 4,5 y 2,0%. En la semilla certificada de los híbridos H-40, H-48, H-50 y H-70 se obtuvieron porcentajes de plantas fuera de tipo similares, con variaciones entre 10,4 y 1,3%. La variación existente en la cantidad de plantas fuera de tipo puede deberse a la variabilidad de las líneas progenitoras de los híbridos, que tienen de tres y cinco autofecundaciones, y consecuentemente a la expresión diferencial y adaptación de algunos caracteres cuando son sembrados en otras localidades de Valles Altos (Espinosa et al., 2003b; Ávila et al., 2009), variabilidad que en ocasiones causa confusión al realizar la eliminación de plantas y mazorcas fuera de tipo en la etapa vegetativa, floración, cosecha y beneficio del material genético.

En 2013, el híbrido H-48 producido por siete microempresas presentó en promedio 2,8% de plantas fuera de tipo; Agrícola El Caudillo presentó el menor porcentaje (2%), similar al observado en la semilla producida por el INIFAP (Figura 4); el H-50 y el H-66 presentaron en promedio 3,5 y 2,8% de plantas fuera de tipo, ESNÁVIG presentó los menores porcentajes (3 y 2%), similares a los obtenidos en el INIFAP (2%). El porcentaje de plantas fuera de tipo menor al 4% presentado por la mayoría de las empresas es

Cuadro 3. Promedio de la calidad genética de semilla categoría certificada de híbridos de maíz, producidas por microempresas vinculadas con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México. Ciclos agrícolas primavera-verano del 2012 y del 2013.

Table 3. Average genetic quality of certified seed maize hybrids, produced by producers' seed linked with INIFAP. Agricultural cycles Spring-Summer 2012 and 2013.

Híbridos	Plantas fuera de tipo (%)		
	2012	2013	Promedio
H-40*	4,54	4,08	4,31
H-48†	6,93	2,88	4,90
H-50‡	6,32	3,50	4,91
H-66§	3,26	2,88	3,07
H-70¶	6,86	2,50	4,68
H-161‡	8,83	3,00	5,91

*, †, ‡, §, ¶, † = promedio de 5, 10, 5, 3, 3 y 3 microempresas en dos años / average of 5, 10, 5, 3, 3, and 3 micro-enterprises in two years.

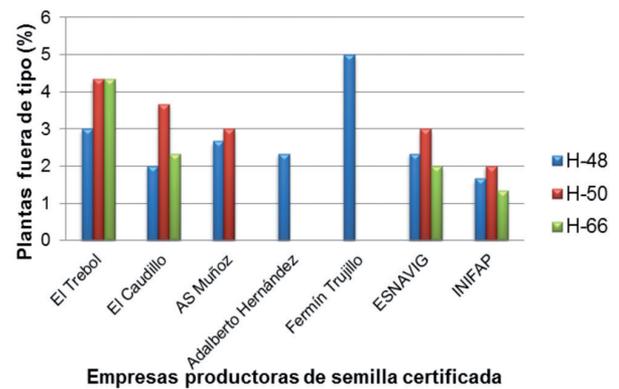


Figura 4. Porcentaje de plantas fuera de tipo de semilla certificada de híbridos de maíz producida por empresas vinculadas con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, en el ciclo agrícola primavera-verano del 2013.

Figure 4. Percentage of off-type plants of certified seed of maize hybrids produced by seed micro-enterprises linked with the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP), Mexico. Spring-Summer 2013 agricultural cycle.

indicativo que producen semilla de calidad genética buena, expresada en que el 96 y 98% de las plantas de los híbridos de maíz si corresponden al tipo verdadero de la variedad.

Para cuantificar las plantas y mazorcas fuera de tipo, se consideraron características morfológicas de las plantas y las mazorcas de los híbridos, descritas por los fitomejoradores con base en la guía técnica para la descripción varietal de maíz (SNICS, 2010), en el Cuadro 4 se presentan los caracteres medidos. Los híbridos H-40, H-48 y H-50 son de ciclo intermedio con 73 a 79 días a floración media masculina (Espinosa et al., 2003a; Espinosa et al., 2003b), tuvieron de 91 a 98% de coloración media por antocianinas en la base de las glumas; debido a que estos híbridos tienen un progenitor en común (CML-246xCML-242) son de porte alto con el 89 y 93% de plantas mayores a 3 m. Los híbridos H-66 y H-70 son de ciclo intermedio con 73 a 79 días a floración media masculina (Arellano et al., 2010; Arellano et al., 2011), tienen 92 y 96% de coloración fuerte por antocianinas en la base de las glumas, presentan el 50% de plantas con altura de 2,20 a 3,00 m. El híbrido H-161 es de ciclo tardío con 86 días a floración media masculina, con el 96% de coloración muy fuerte por antocianinas en la base de las glumas y 76% de plantas altas. La mayoría de los híbridos presentaron 76 y 99% ausencia de antocianinas en los estigmas, con excepción del H-161 que presentó 3% de ausencia.

Adicionalmente, se midieron otros descriptores que permitieron identificar las plantas fuera de tipo (Cuadro 5). El H-40 se caracterizó por no tener coloración por antocianinas en los nudos del tallo (85%) y tener mazorca cónica cilíndrica (Cuadro 5). El H-48 presentó color verde de vaina en la hoja de la mazorca principal (90%) con una variación del 9% morada y 1% café; mientras que H-70 mostró la vaina verde (79%), morada (20%) y café (1%), variación similar a la descrita por Arellano et al. (2011). El híbrido H-50 se caracterizó por tener una espiga abierta con un ángulo de $\pm 75^\circ$ (66%) y ramas laterales ligeramente curvadas, en comparación con H-161 que tiene 85% de espigas abiertas. Por otra parte, H-66 presentó en su mayoría mazorcas cónicas cilíndricas (90%), mientras que H-40 solo el 73% y el H-161 83%, complementándose con mazorcas cónicas. El conocimiento sobre la descripción varietal de los híbridos y sus progenitores permite realizar un sistema de producción de semilla exitoso, cuidando en todo el proceso la calidad.

En el período de 2005 a 2013, anualmente el CEVAMEX produjo en promedio 5208 kg de semilla registrada; se estimó que con la certificada producida por las microempresas vinculadas al INIFAP se sembraron 51 900 ha para producir grano de híbridos de maíz, que representan el 7,41% de la superficie potencial de 700 000 ha en áreas de riego y buen temporal para el cultivo de maíz en los Valles Altos centrales de México. Adicionalmente, contribuyó en

Cuadro 4. Descripción varietal de planta de híbridos de maíz, producidos por microempresas vinculadas con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, en los ciclos agrícolas primavera-verano del 2012 y del 2013.

Table 4. Varietal description of maize hybrids plant produced by seed micro- enterprises linked to the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP) Spring-Summer 2012 and 2013 agricultural cycles.

Híbridos	Características			
	Floración masculina (días)	Coloración por antocianinas en la base de las glumas	Coloración por antocianinas en los estigmas	Altura de planta ^x
H-40*	100% (73-79)	98% media, 2% fuerte	76% ausente, 24% presente	93% muy alta, 7% alta
H-48 [†]	100% (73-79)	95% media, 5% fuerte	81% ausente, 19% presente	90% muy alta, 10% alta
H-50 [‡]	100% (80-86)	91% media, 9% fuerte	86% ausente, 14% presente	89% muy alta, 11% alta
H-66 [§]	100% (73-79)	8% media, 92% fuerte	99 % ausente, 1% presente	56% muy alta, 54% alta
H-70	100% (73-79)	4% media, 96% fuerte	99% ausente, 1% presente	49% muy alta, 51% alta
H-161 ^v	100% (80-86)	5% media, 95% muy fuerte	3% ausente, 97% presente	24% muy alta, 76% alta

* , † , ‡ , § , || , v = promedio de 5, 10, 5, 3, 3 y 3 microempresas en dos años / average of 5, 10, 5, 3, 3 and 3 micro- enterprises in two years.

^x Muy alta (> 300 cm), alta (221-300 cm) / Very high (> 300 cm), high (221-300 cm).

Cuadro 5. Descripción varietal de planta y mazorca promedio de semilla certificada de híbridos de maíz, producidas por empresas vinculadas con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, en los ciclos agrícolas primavera-verano del 2012 y del 2013.

Table 5. Average of plant and ear varietal description of certified seeds of maize hybrids produced by seed micro-enterprises linked to the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP). In Spring-Summer 2012 and 2013 agricultural cycles.

Híbridos	Características
H-40*	Tallo: coloración por antocianinas en nudos: 85% ausente o muy débil, 15% débil. Mazorca: forma: 73% cónica cilíndrica, 26% cónica, 2% cilíndrica.
H-48 [†]	Hoja: coloración de la vaina en la hoja de la mazorca principal: 90% verde, 9% morada, 1% café. Hoja: pubescencia sobre el margen de la vaina: 100% media.
H-50 [‡]	Espiga: ángulo: 34% semiabierta $\pm 50^\circ$, 66% abierta $\pm 75^\circ$. Espiga: posición de ramas laterales: 34% rectilíneas, 66% ligeramente curvadas. Espiga: ramas secundarias: 94% ausentes, 6% presentes.
H-66 [§]	Mazorca: forma: 90% cónica cilíndrica, 10% cónica. Tallo: coloración por antocianinas en nudos: 69% ausente o muy débil, 31% débil y 1% media. Hoja: pubescencia sobre el margen de la vaina: 100% media.
H-70 ^f	Hoja: coloración de la vaina en la hoja de la mazorca principal: 79% verde, 20% morada, 1% café. Hoja: pubescencia sobre el margen de la vaina: 100% media.
H-161 ^y	Tallo: coloración por antocianinas en nudos: 90% ausente o muy débil, 10% débil. Espiga: ángulo: 15% semiabierta $\pm 50^\circ$, 85% abierta $\pm 75^\circ$. Mazorca: forma: 83% cónica cilíndrica, 17% cónica.

*, [†], [‡], [§], ^f, ^y = promedio de 5, 10, 5, 3, 3 y 3 microempresas en dos años / average of 5, 10, 5, 3, 3 and 3 micro-enterprises in two years.

el fortalecimiento de las microempresas mediante el establecimiento de convenios y acompañamiento técnico en el proceso de producción de semilla registrada y con la evaluación de la calidad genética, física y fisiológica de la semilla certificada producida por las microempresas. Estas actividades permitieron asegurar que la calidad de la semilla estuviera dentro de las normas de certificación.

GENERACIÓN DE TECNOLOGÍA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA CERTIFICADA

Durante el periodo entre 2006 al 2013 se estableció una serie de experimentos para generar la tecnología de producción de semilla sobre potencial de rendimiento, densidad de población, fechas de siembra, eliminación de la espiga y nutrición de cultivo de los progenitores, líneas y cruza simples, en localidades del Estado de México y Tlaxcala.

Localización

Los experimentos se establecieron en la localidad de Coatlinchán, Estado de México, Benito Juárez,

Texoloc, Espíritu Santo y Francisco Villa, Tlaxcala. La ubicación geográfica de las localidades del estado de Tlaxcala son: 1) Benito Juárez, ubicada a 2530 msnm, 19° 35' 12" latitud norte y 95° 25' 39" longitud oeste, clima templado semiseco con temperatura media anual de 13 °C, precipitación media de 583 mm, 2) Texoloc, ubicada a 2240 msnm, 19° 16' 39" latitud norte y 98° 17' 02" longitud oeste, con clima templado y subhúmedo, con régimen de lluvias en los meses de julio a septiembre, 16 °C de temperatura media anual y 816 mm de precipitación media, 3) Espíritu Santo, ubicada a 2480 msnm, 19° 20' 48,8" latitud norte y 98° 25' 27,6" longitud oeste y 4) Francisco Villa, ubicada a 2540 msnm, 19° 35' 39,8" latitud norte y 98° 27' 38,3" longitud oeste (Virgen et al., 2010; Virgen et al., 2013a).

Factores de estudio

Híbridos y progenitores (líneas y cruza simples). Se establecieron experimentos con híbridos y progenitores de maíz adaptados a Valles Altos de México y Zona de Transición: 1) híbridos: H-52, H-66 y H-70, cruza simples ♀: M-43xM-44 (H-52 y H-66) y M-54xM-55 (H-70) y líneas: M-52, LINVA-7-2-1-2, LINVA-7-2-14-2, M-54, M-55 y

CML-456 (Virgen et al., 2013a), 2) cruza simples (H-40, H-48, H-50, H-52, H-66, H-68E, H-70 y H-153E): M-17xM-18, M-43xM-44, M-43xM-44, M-54xM-55, CML-246xCML-242, CML-241xCML-243 y CML-239xCML-242 (Virgen et al., 2010), 3) líneas: CML-239, CML-241, CML-242, CML-243, CML-246, CML-354, CML-355, M-38, M-39, M-43, M-44, M-48, M-54, M-55, LINVA-7-2-14-5 y LINVA-7-2-1-2 (Virgen et al., 2014a).

Fecha de siembra. Los híbridos H-52, H-66 y H-70, las CS♀ de H-52, H-66 y H-70, y las líneas M-52, LINVA-7-2-14-5, LINVA-7-2-1-2, M-54, M-55 y CML-456 fueron evaluadas en dos fechas de siembra: 1) 12 de mayo y 2) 1 de junio (Virgen et al., 2013a).

Densidad de población. En cruza simples y líneas se evaluaron dos densidades de población 82 500 y 62 500 plantas/ha: 1) líneas: CML-239, CML-241, CML-242, CML-243, CML-244, CML-246, CML-354, CML-355, CML-456, M-38, M-39, M-43, M-44, M-48, M-54, M-55, LINVA-7-2-14-5 y LINVA-7-2-1-2, 2) las CS♀: M-43xM-44, M-44xM-43, M-54xM-55, LINVA-7-2-1-2 x LINVA-7-2-14-5, LINVA-7-2-14-5 x LINVA-7-2-1-2, M-55xM-54, CML-244FxM-18, CML-244AExM-18, CML239xCML242 y CML-354xCML-242 (Virgen et al., 2010; Virgen et al., 2013b; Virgen et al., 2014a).

Diseño y unidad experimental

En los experimentos se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con un arreglo de tratamientos factorial completo con base en la combinación de los factores principales (híbridos y progenitores, fecha de siembra y densidad de población) con tres repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 5 m de longitud separados a 0,80 m y la parcela útil fueron los dos surcos centrales.

Manejo agronómico

Se hizo con base en las recomendaciones del manejo del cultivo de maíz del CEVAMEX, CEBAJ y sitio experimental Tlaxcala.

Variables

En cada uno de los experimentos las variables medidas fueron: 1) inicio de floración masculina

(IFM) y femenina (IFF), se registraron los días a partir del primer riego hasta la aparición de la primera espiga y primer estigma; 2) floración media masculina (FM) y femenina (FF), se cuantificaron los días a partir del primer riego hasta que el 50% de las plantas estuvieron derramando polen y tuvieron expuestos los estigmas con una longitud de 2 cm; 3) rendimiento (REN), en kg/ha a 14% de humedad, que se calculó con la fórmula: $REN = [PC \times \%MS \times \%G \times FC] / 8600$; donde PC = peso de campo de mazorca en kilogramos por parcela útil; %MS = porcentaje de materia seca, mediante la diferencia entre 100 y el porcentaje de humedad; %G = porcentaje de grano, como promedio de la relación entre el peso de grano y el peso de mazorca desprovista de brácteas, de cinco mazorcas, multiplicado por 100; FC = factor de corrección, obtenido al dividir 10000 m² (1 ha) entre la superficie útil de la parcela (8 m²); 8600 = es un valor constante, que permite estimar el rendimiento con una humedad uniforme del 14%, que es a la cual se manejan las semillas en forma comercial en México; 4) tamaño de la semilla, mediante su clasificación en tres tamaños: grande (SG), mediana (SM) y chica (SCH), lo cual se hizo con cribas de perforación redonda de 8, 7 y 6 mm, y los valores se reportaron en porcentajes; 5) peso de mil semillas (PMS), se contaron y pesaron cinco repeticiones de 200 semillas utilizando una balanza analítica; 6) peso hectolítrico (PH), se determinó en una balanza digital y se expresó en kg/hl.

Análisis estadístico

A las variables medidas en cada uno de los ensayos se le realizó un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM del SAS (SAS Institute, 1989). La comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). Los datos expresados en porcentaje se transformaron previamente a valores de arcoseno.

INFORMACIÓN GENERADA

Entre 2006 y 2013 se generó información sobre la producción de semilla en diversos temas, a saber, potencial de rendimiento de los progenitores, líneas y cruza simples, en diferentes localidades del Estado de México y Tlaxcala para definir sitios de producción, densidad de población, fechas de siembra, eliminación de la espiga y nutrición de cultivo.

Rendimiento potencial y calidad de semilla

En Coatlínchán, Estado de México fue factible producir semilla de los híbridos H-52, H-66 y H-70, debido a que las CS♀ H-52, CS♀ H-66 y CS♀ H-70 produjeron rendimientos de semilla mayores a 3,5 t/ha, y las líneas M-52, T-77-2-1-2, M21CI-7-2-14-5, M-54, M-55 y CML-456 mayores a 1,0 t/ha (Virgen et al., 2013a). Las cruza simples y líneas tuvieron 34 y 36% de semilla grande más 17% de semilla mediana. El rendimiento promedio de grano de los híbridos fue mayor a 4,3 t/ha. En otro estudio donde se evaluaron todas las líneas progenitoras de híbridos comerciales para Valles Altos, las líneas: CML-239, CML-241, CML-242, CML-243, CML-246, CML-354, CML-355, M-38, M-39, M-43, M-44, M-48, M-54, M-55, LINVA-7-2-1-2 y LINVA-7-2-14-5 tuvieron de 73 a 78 y de 82 a 83 días de inicio y floración media masculina, respectivamente; con rendimientos entre 7744 y 1484 kg/ha, con 86 y 14% de semilla grande y peso hectolítrico entre 70 y 57 kg/hl (Virgen et al., 2014a). Al evaluar las CS♀ H-50, CS♀ H-64 E, CS♀ H-66 E, CS♀ H-68 E, CML246xCML242, CML241xCML243 y CML239xCML242 en localidades del estado de Tlaxcala se encontró que en Francisco Villa se produjo el mayor rendimiento (5,38 t/ha) pero la semilla tuvo menor peso volumétrico que en Espíritu Santo, Tlaxcala (Virgen et al., 2010).

Fecha de siembra

En Coatlínchán, Estado de México, en la fecha de siembra del 12 de mayo se obtuvo mayor rendimiento de semilla en las líneas M-52, T-77-2-1-2, M21CI-7-2-14-5, M-54, M-55 y CML-456, superior en 74,67% a la siembra del 1 de junio, fecha en la que hubo catorce y once días más a floración media masculina. En las CS♀ recíproca de H-70 y la CS♀ de H-66 el rendimiento de semilla fue mayor 32,20 y 4,78% en la siembra del 1 de junio en comparación con la del 12 de mayo (Virgen et al., 2013a).

Densidad de siembra

Al evaluar las CS♀ H-50, CS♀ H-64 E, CS♀ H-66 E, CS♀ H-68 E, CML246xCML242, CML241xCML243 y CML239xCML242 en dos densidades de población, Virgen et al. (2010) no encontraron diferencias significativas entre densidades

para rendimiento, aunque a 83 mil plantas/ha la semilla fue de menor tamaño y peso con respecto a la densidad de 62 mil plantas/ha. En las líneas: CML-239, CML-241, CML-242, CML-243, CML-246, CML-354, CML-355, M-38, M-39, M-43, M-44, M-48, M-54, M-55, LINVA-7-2-1-2 y LINVA-7-2-14-5 sembradas a 82 500 plantas/ha se incrementó en 13% el rendimiento de semilla, pero disminuyó 2,5% el peso de mil semillas en comparación con 62 500 plantas/ha (Virgen et al., 2014a).

Interacción progenitores x ambiente

En las evaluaciones se han encontrado interacciones genotipo x ambiente significativas ($p \leq 0,05$). Las CS♀ H-50, CS♀ H-64E, CS♀ H-66, CS♀ H-68E, CML-246xCML-242, CML-241xCML-243 y CML-239xCML-242, sembradas en las localidades del estado de Tlaxcala, en Francisco Villa tuvieron 200 kg y 9% más de semilla grande con la densidad de 62 000 plantas/ha; mientras que en Espíritu Santo, donde sólo hubo diferencias en el rendimiento, en la densidad de 83 000 plantas/ha se obtuvo 500 kg de semilla más que en la de 62 000 plantas/ha (Virgen et al., 2010). En Coatlínchán, Estado de México las líneas CML-239, CML-241, CML-242, CML-243, CML-246, CML-354, CML-355, M-38, M-39, M-43, M-44, M-48, M-54, M-55, LINVA-7-2-1-2 y LINVA-7-2-14-5, sembradas en el periodo de 2006 a 2008, mostraron comportamiento diferencial de rendimiento y calidad de semilla entre años. El inicio y floración media masculina y femenina varió entre tres y cuatro días, en 2008 se obtuvo el mayor rendimiento y peso hectolítrico (4427 kg/ha y 71,75 kg/hl), en 2007 hubo 46,93 y 29,59% más semilla grande que 2006 y 2008; mientras que en 2006 el rendimiento fue menor 25,30% al promedio de 2007-2008 (Virgen et al., 2014a).

En 2012 la línea M-48 rindió 6,3 t/ha y la CML-456 2,9 t/ha; mientras que en 2011, M-52 y CML-456 tuvieron rendimientos > 2,4 t/ha, en tanto que la línea M-54 fue la de menor rendimiento con 0,23 t/ha. Los sitios óptimos para producir semilla de las líneas M-48 y M-52 fueron Texoloc, Tlaxcala y Texcoco, Estado de México, respectivamente; rindieron 8,4 y 4,3 t/ha, en tanto que en la localidad de Benito Juárez el rendimiento de semilla potencial se redujo 44 y 83% (Virgen et al., 2013b) (Figura 5).

El Programa de Producción de Semillas del CEVAMEX-INIFAP, proporciona a los productores

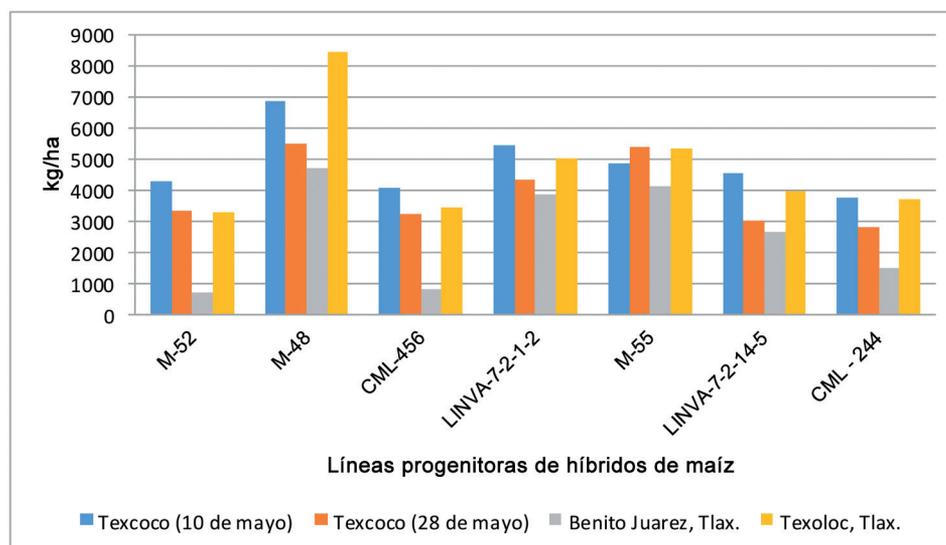


Figura 5. Rendimiento de líneas progenitoras de híbridos de maíz cultivados en Texcoco, Estado de México y Benito Juárez y Texóloc, Tlaxcala, México. 2011 y 2012.

Figure 5. Yield of parental lines of maize hybrids grown in Texcoco, Mexico State and Benito Juárez, and Texoloc, Tlaxcala State, Mexico. 2011 and 2012.

de semillas de capital nacional los progenitores de los híbridos de maíz para Valles Altos y Zona de Transición de México, y la tecnología de producción certificada para contribuir a incrementar la productividad de maíz, mediante el uso de semilla de calidad.

LITERATURA CITADA

- Arellano, J.L., J. Virgen, y M.A. Ávila. 2010. H-66 Híbrido de maíz para los Valles Altos de los estados de México y Tlaxcala. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1: 257-262.
- Arellano, J.L., J. Virgen, I. Rojas-Martínez, y M.A. Ávila-Perches. 2011. H-70: Híbrido de maíz de alto rendimiento para temporal y riego del Altiplano Central de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2:619- 626.
- Ávila, M.A., J.L. Arellano, J. Virgen, A.J. Gámez, y A. María. 2009. H-52 Híbrido de maíz para Valles Altos de la Mesa Central de México. *Agric. Téc. Méx.* 35:237-240.
- Barillas, M.E. 2010. Producción de semilla certificada de maíz en Tlaxcala. Fundación Produce Tlaxcala A. C., México. IICA, MEX.
- Barrón, C.E. 2010. Producción de semilla certificada de maíz por pequeñas organizaciones de productores: el caso de Impulsora Agrícola El Progreso SPR de RL. Fundación Produce Guerrero. Guerrero, México. <http://www.siac.org.mx/fichas/49%20Guerrero%20Maiz.pdf> (consultado oct. 2013).
- Copeland, L.O., and M.B. McDonald. 2001. Principles of seed science and technology. 4th ed. Kluwer Academic Publishers, MA, USA.
- Domínguez, C., y L. Donnet. 2014. Modelos de negocio de las empresas semilleras de maíz del consorcio MasAgro. Enlace: La revista de la agricultura de conservación V(18):44-47.
- Espinosa, C.A., M. Tadeo, N. Gómez, M. Sierra, J. Virgen, A. Palafox, F. Caballero, G. Vázquez, F.A. Rodríguez, R. Valdivia, I. Arteaga, y I. González. 2011. V-55 A, Variedad de maíz de grano amarillo para los Valles Altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 34:149-150.
- Espinosa, C.A., M. Tadeo, J. Lothrop., S. Azpiroz, R. Martínez, J.P. Pérez, C. Tut, J. Bonilla, A. María, y M. Salinas. 2003a. H-48, Nuevo híbrido de maíz de temporal para los Valles Altos del Centro de México. *Agric. Téc. Méx.* 29:85-87.

- Espinosa, C.A., M. Tadeo, J. Lothrop., S. Azpiroz, R.C. Tut y Couoh., y M. Salinas. 2003b. H-50 Híbrido de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2200-2600 msnm). *Agric. Téc. Méx.* 29:89-92.
- Espinosa, C.A., M. Tadeo, M. Sierra, F. Caballero, R. Valdivia, y N.O. Gómez. 2010. Despanojado y densidad de población en una cruza simple androestéril y fértil de maíz. *Agron. Mesoam.* 21:159-165.
- Espinosa, C.A., M. Tadeo, J. Virgen, I. Rojas, N. Gómez, M. Sierra, A. Palafox, G. Vázquez, F.A. Rodríguez, B. Zamudio, I. Arteaga, E.I. Canales, B. Martínez, y R. Valdivia. 2012. H-51 AE, Híbrido de maíz para áreas de humedad residual, buen temporal y riego en Valles Altos Centrales de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35:347-349.
- Fernández, G.Y.M. 1990. Siembra. En: V.C. Liñán, editor, *Vademecum del maíz. Semillas Pacífico*, Sevilla, ESP. p. 57-128.
- González, E.A., J. Islas, A. Espinosa, J.A. Vázquez, y S. Wood. 2008. Impacto económico del mejoramiento genético del maíz en México: Híbrido H-48. *Publicación Especial No. 25*, INIFAP, MEX D.F., MEX.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2012. Redes de estaciones del INIFAP. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/>. (consultado sep. 2014).
- ISTA (International Seed Testing Association). 2005. *International rules for seed testing*. *Seed Sci. Technol.* 21:288.
- Jolalpa, B.J.L., G. Moctezuma, J.J. Espinoza, R. Zepeda, y I. Rentería. 2014. Uso de semillas mejoradas de maíz en Amecameca, Estado de México. Enlace: La revista de la agricultura de conservación V(18):50-53.
- Kelly, A.F. 1988. *Seed production of agricultural crops*. Longman Scientific and Technical John Wiley and Sons. NY, USA.
- Larque, S.B.S., J. Islas, A. Gonzalez, y J.L. Jolalpa. 2013. Mercado de semillas de maíz en el Estado de México. Folleto técnico No. 57. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX, MEX.
- Pérez, M.C., A. Hernández, F.V. González, G. García, A. Carballo, T.R. Vásquez, y M.R. Tovar. 2006. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agric. Téc. Méx.* 32:341-352.
- Ritchie W.S., G.O. Benson, S.J. Lupkes, y R.J. Salvador. 1993. How a corn plant develops. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. <http://www.ag.iastate.edu/departments/agronomy/corngrows.html> (consultado mayo 2002).
- Rojas, M.I., J. Virgen, A. Espinosa, y R. Fernández. 2009. Tecnología para la producción de semilla certificada de maíz del híbrido H-48 en Tlaxcala. Folleto técnico No. 39. CIRCE-INIFAP, Tlaxcala, MEX.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). 1975. Normas para la certificación de semillas. Dirección General de Agricultura, SAG, MEX.
- SAS Institute. 1989. *User's guide*. Version 6. 4th ed. SAS Inst., Cary, N.C., USA.
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Producción anual de cultivos año agrícola 2013 en México. <http://www.siap.gob.mx/> (consultado sep. 2014).
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2010. Manual gráfico para la descripción varietal en maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, MEX.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2012. Catálogo nacional de variedades vegetales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, MEX.
- Vallejo, D.H.L., J.L. Ramírez, M. Chuela, y R. Ramírez. 2008. Manual de producción de semilla de maíz. Estudio de caso. Folleto Técnico Núm. 14. Campo Experimental Uruapan, INIFAP, CIRPAC, Guadalajara, Jalisco, MEX.
- Vielma B.M., M. Cerovich, F. Miranda, y R.C. Marín. 2005. Influencia de la semilla certificada de maíz en la productividad de los sistemas de producción de maíz en grano de los estados Portuguesa y Guárico. *Agron. Trop.* 55:343-361.
- Virgen, V.J., J.L. Arellano, I. Rojas, M.A. Ávila, y G.F. Gutiérrez. 2010. Producción de semilla de cruza simples de híbridos de maíz en Tlaxcala, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33:107-110.
- Virgen, V.J., R. Zepeda, J.L. Arellano, M.A. Ávila, y I. Rojas. 2013a. Producción de semilla de progenitores e híbridos de maíz de Valles Altos en dos fechas de siembra. *Rev. Cienc. Technol. Agropec. Méx.* 1:26-32.
- Virgen, V.J., R. Zepeda, M.A. Ávila, A. Espinosa, J.L. Arellano, y A.J. Gámez. 2014a. Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agron. Mesoam.* 25:01-13.
- Virgen, V.J., R. Zepeda, M.A. Ávila, A. Espinosa, J.L. Arellano, I. Rojas, y A.J. Gámez. 2014b. Producción y calidad de semilla de progenitores de híbridos y variedades de maíz en CEVAMEX-CEBAJ-

- INIFAP. En: M.C.R. Aguirre, editor, Resúmenes del 2do. Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria A.C. 12-14 may. 2014. Celaya, Guanajuato, MEX. p. 893-904.
- Virgen, V.J., R. Zepeda, M.A. Ávila, A. Espinosa, J.L. Arellano, I. Rojas, y A.J. Gámez. 2014c. Desespigamiento en cruza simples progenitoras de híbridos de maíz para Valles Altos. En: M.C.R. Aguirre, editor, Resúmenes del 2do. Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria A. C. 12-14 may. 2014. Celaya, Guanajuato, MEX. p. 905-915.
- Virgen, V.J., R. Zepeda, I. Rojas, J.L. Arellano, M.A. Ávila, A. Espinosa, y A.J. Gámez. 2013b. Localidad y densidad de población en la producción de semilla de líneas progenitoras de híbridos de maíz en Valles Altos de México. En: Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales, editor, Resúmenes de la LVIII Reunión Anual del PCCMCA. 22-26 abr. 2013. La Ceiba, HON. p. 104.
- Zepeda, B.R., A. Carballo, G. Alcántar, A. Hernández, y J.A. Hernández. 2002. Efecto de la fertilización foliar en el rendimiento y calidad de semilla de cruza simples en maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 25:419-426.