

ANÁLISIS Y COMENTARIOS

TECNOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE HÍBRIDOS Y VARIETADES SOBRESALIENTES DE MAÍZ DE CALIDAD PROTEÍNICAS (QPM) EN MÉXICO¹

*Alejandro Espinosa², Noel Gómez³, Mauro Sierra⁴, Esteban Betanzos⁵, Filiberto Caballero⁶, Bulmaro Coutiño⁵,
Artemio Palafox⁴, Flavio Rodríguez⁴, Abraham García⁶, Octavio Cano⁴*

RESUMEN

Tecnología y producción de semillas de híbridos y variedades sobresalientes de maíz de calidad proteínica (QPM) en México. Para promover el uso extensivo de los maíces de calidad proteínica (QPM), el INIFAP en coordinación con el CIMMYT, intensificó trabajos de investigación para apoyar la liberación comercial de híbridos y variedades de maíz QPM. A partir del ciclo otoño – invierno 1998/1999. En diferentes campos experimentales se incrementó semilla original, básica y registrada de materiales sobresalientes. En 1999 se establecieron 300 hectáreas obteniéndose 530 toneladas de semilla básica (500 toneladas de variedades y 30 toneladas de progenitores de híbridos), paralelamente se realizó la caracterización varietal así como la delimitación de las áreas donde se debe producir semilla de híbridos y variedades de maíz de calidad proteínica. Se integró la tecnología de producción de semillas para lograr óptimos de calidad y productividad. Para cada variedad o híbrido, lo cual incluye los diferenciales de siembra entre progenitores, para asegurar coincidencia a floración, la relación hembra:macho, la forma correcta para el desespigue, y otros elementos de la producción de semilla. Por productividad, así como su potencial de uso y ventajas comparativas con respecto a testigos, destacaron: H-363C, H-365C, H-553C, H-519C (híbridos trilineales) y H-368C, H-441C, H-469C, H-442C (híbridos simples). En el ciclo primavera verano 2000 se logró el establecimiento de 70 mil hectáreas comerciales con maíz QPM.

ABSTRACT

Technology and seed production of maize hybrids and open pollinated varieties of quality protein maize (QPM) in Mexico. The National Research Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) and CIMMYT have been working in some researches to support and promote the intensive commercial use of new Quality Protein Maize (QPM) hybrids and varieties. INIFAP since autumn – winter season 1998/1999 in some different experimental stations developed a seed production program, and established 300 hectares. The results of this program were 530 tons of basic seed (500 t of seed of open pollinated varieties and 30 t of parental seed of hybrids). Researches of Seed Production obtained the complete information about technology of seed production for each hybrid and parental lines: best environment for seed production, detasseling, flowering synchronization, fertilizer treatment. INIFAP released twenty six varieties; and established a program of seed production of the registered seed of the materials: H-519C, H-553C, H-365C, H-363C, H-364C, H-367C, H-441C, H-469C, H-551C, H-368C, HV-521C, V-537C, V-538C.



¹ Recibido para publicación el 7 de julio del 2003.

² Producción y Tecnología de Semillas, Campo Experimental Valle de México, CIRCE, INIFAP, SAGARPA, km 18.5 Carretera Los Reyes – Lechería, C. P. 56230, Chapingo, Méx. E-mail: espinoale@yahoo.com.mx.

³ Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Campo Experimental Iguala, CIRPAS, INIFAP, SAGARPA, km 3 Carretera Iguala - Tuxpan, C. P. 40000, Iguala, Guerrero, Ver. mail: ceigua@prodigy.net.mx

⁴ Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Campo Experimental Cotaxtla, CIRGOC, INIFAP, SAGARPA, km 34 Carretera Veracruz - Córdoba, C. P. 91700, Veracruz, Ver. mail: mauro_s55@hotmail.com

⁵ Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Campo Experimental Centro de Chiapas, CIRPAS, INIFAP, SAGARPA.

⁶ Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Campo Experimental Valle de Apatzingan y Campo Experimental Costa de Jalisco, CIRPAS, INIFAP, SAGARPA.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo más importante en México ya que cada año se siembran 8,5 millones de hectáreas, su producción representa el 60% con respecto a la producción total de granos, el grano es fundamental para los mexicanos en la alimentación (Morris y López 2000). El maíz proporciona 59% de la energía es decir 1.363 kcalorías y 39% de la proteína que son 29 gramos, sin embargo la proteína de maíz es deficiente en la proporción lisina y triptofano, aminoácidos esenciales para el ser humano y para los animales, en ausencia o limitación de estos elementos, no es posible completar las funciones metabólicas, tampoco el crecimiento y desarrollo. En México se reconoce que hay 31 millones de personas con desnutrición, lo cual se concentra en los 10 millones de indígenas, así como en población de escasos ingresos en las ciudades. El problema es más grave aún ya que México no es autosuficiente en maíz, recurriendo a la importación de 3,0 hasta 6,0 millones de toneladas cada año. Los problemas son de volumen así como la calidad del grano de maíz. Una alternativa para aminorar la desnutrición y baja producción de maíz, son los llamados maíces de calidad proteínica (QPM: Quality Protein Maize), los cuales fueron desarrollados a partir de los trabajos con maíz opaco 2 ((Vasal *et al.* 1980, Vasal *et al.* 1993)). El maíz QPM, tuvo su origen en el llamado Opaco 2. Producto de un mutante descubierto en 1963, en la Universidad de Purdue, Estados Unidos de América, por Mertz, Bates y Nelson (1964), Mertz *et al.* (1965), en un maíz procedente de Perú. Los maíces desarrollados a partir del tipo Opaco 2, poseían la misma cantidad total de proteínas, pero contenían el doble de los aminoácidos esenciales. Estos maíces al ser de textura harinosa, su peso de grano y rendimiento en campo fue muy bajo, además de ser fácilmente atacados por las plagas. Las desventajas propiciaron que en todos los países, incluyendo a México, en 1975, se abandonaran las investigaciones con Opaco 2. Los trabajos del Dr. Surinder Vasal con la colaboración de la Dra. Evangelina Villegas, mediante técnicas de mejoramiento tradicionales, permitieron la incorporación de una serie de genes especiales al maíz Opaco 2, llamados genes modificadores de la textura del endospermo. En la década de los 80's se obtuvo lo que ahora el nuevo tipo de maíces, con la calidad proteínica, eliminando las desventajas iniciales del maíz opaco 2. Estos maíces ahora se conocen mundialmente, como Maíz de Calidad Proteínica (QPM). Estos genes modificadores confieren a el endospermo de variedades, líneas e híbridos una textura de grano más dura que el maíz opaco, dando la apariencia de un maíz común o normal (Vasal *et al.* 1993, Vasal 1994). Los trabajos desarrollados por el Dr. Surindel Vasal y Dra. Evangelina Villegas, fueron reconocidos al otorgárseles el "Premio Mundial de Alimentación" en el año 2000.

Los trabajos encabezados por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), también se han llevado a cabo desde 1996 en México, en coordinación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) con el CIMMYT. En este lapso de tiempo se generaron, evaluaron y se incrementó semilla de híbridos y variedades de maíz con alta calidad de proteína (Espinosa *et al.* 2001, Ortega *et al.* 2001, Palafox *et al.* 2003), los cuales contienen hasta 100 por ciento más lisina y triptofano que los maíces comunes, la calidad de la proteína de los maíces QPM es similar a la de la leche (Bressani 1994). El aprovechamiento de los maíces QPM es de 90 por ciento, mientras que con los maíces comunes sólo se aprovecha el 39 por ciento (Sierra *et al.* 2001). Los maíces con alta calidad de proteína también pueden utilizarse en la alimentación animal, en aves y cerdos, donde se ha encontrado que se necesita menor cantidad de alimento para incrementar un kilogramo de peso.

El consumo generalizado de los maíces QPM podría mejorar el nivel nutricional en México, de manera especial en niños, madres lactantes y ancianos, sin embargo para lograr el uso extensivo se requiere además del convencimiento a distintos niveles de decisión para apoyar este programa, de la coordinación de distintas instituciones. En este trabajo se presentan un panorama de algunas actividades realizadas en torno a QPM, con énfasis en la producción de semillas, analizándose la problemática y las perspectivas de uso extensivo de estos maíces en México.

Actualmente se cuenta con numerosas líneas progenitoras QPM, de las cuales se han formado gran cantidad de híbridos y variedades de maíz QPM. El INIFAP, definió un grupo de variedades e híbridos, los cuales fueron intensivamente evaluados en todo el país, de estos materiales se definieron los mejores, de los cuales se ha producido semilla, así como realizado con base en ellos distintos trabajos de investigación, para apoyar de manera paralela su uso y difusión masiva. Los trabajos con QPM en México se llevaron a cabo en torno a ocho proyectos. Las líneas de trabajo hasta el inicio del año 2002 fueron: mejoramiento genético, producción y tecnología de semillas, forrajes, plagas de granos almacenados, manejo agronómico, transferencia de tecnología, efecto en alimentación humana y dieta de animales, análisis de la calidad, en estas actividades participaron más de 60 especialistas.

ACTIVIDADES EN PRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍA DE SEMILLAS

En las actividades llevadas a cabo en México en producción y tecnología de semillas, destacó la caracteriza-

ción varietal llevada a cabo en el ciclo otoño – invierno 1998/1999 y primavera – verano 1999, en los campos experimentales ubicados en Iguala, Guerrero, Cotaxtla, Veracruz, Apatzingan, Michocán, Zona Henequenera, Yucatán, en estos sitios se recolectó información de cada uno de los materiales, líneas y cruces simples progenitoras, para integrar la caracterización varietal de cada material con lo cual se tramitó la inscripción en el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC), lográndose en 1999 y 2000, el registro y liberación de más de 30 híbridos y variedades.

En el ciclo primavera – verano 1999 se establecieron 300 hectáreas, con énfasis en una mayor proporción de variedades de polinización libre. Al final del ciclo se obtuvieron 500 toneladas de semilla en categoría registrada de variedades y 30 toneladas de semilla de progenitores de híbridos. En el ciclo otoño – invierno 1999/2000 se establecieron 2.300 hectáreas de producción de semilla certificada, de las cuales 1.200 correspondieron a la Fundación Mexicana para la Investigación (FUMIAF) y 800 hectáreas correspondieron a la Productora Nacional de Semillas (PRONASE). Así como 100 hectáreas al INIFAP.

La producción de semilla en campo tanto en PRONASE como en FUMIAF fue cultivada en aislamiento y control de calidad, cubriendo los aspectos requeridos para su certificación, sin embargo en el caso de la semilla FUMIAF se presentaron algunos problemas en el manejo de la cosecha, postcosecha, es decir secado y beneficio, lo cual afectó la calidad fisiológica de la semilla. Aún cuando algunos lotes perdieron su calidad fisiológica, el problema se detectó, desechándose una proporción importante del volumen cosechado en Sinaloa. Se presentaron también problemas en la distribución de semilla; inicialmente se había planeado que esta llegara a los estados en el concepto de Kilo por Kilo, lo cual fue difícil cumplir porque la cosecha se desplazó a fechas cercanas a la siembra, beneficiándose en tiempo muy corto.

VARIEDADES MEJORADAS DE MAÍZ

En México se tiene una demanda de maíz cada año superior a los 18 millones de toneladas, se estima que para el año 2003 esta demanda será superior a 24 millones de toneladas. El rendimiento medio nacional es de 2,4 t/ha, anualmente se importa el 30% del maíz que se requiere.

Obtener y desarrollar una nueva variedad implica una gran inversión económica y por lo menos 12 años de dedicación constante de personal altamente capacitado, para elegir el mejor germoplasma, derivación de

líneas, formación de híbridos, evaluación y selección de mejores materiales, validación comercial, incremento de progenitores, producción de semilla, distribución comercial, frecuentemente se tienen resultados después de 20 o más años. Por ello mismo obtener, desarrollar y promover el uso extensivo de más de 30 maíces de calidad proteínica es una aportación tecnológica que resume el esfuerzo de numerosos científicos, en especial del Dr. Surinder Vasal, así como del Dr. Hugo Córdova Orellana, ambos del CIMMYT, generaron las líneas progenitoras y las combinaciones de todos los híbridos disponibles ahora. Los materiales liberados para su uso en México incluyen diferentes tipos de variedades como son híbridos simples, híbridos trilineales, variedades sintéticas, híbridos varietales, la mayoría son de grano blanco sin embargo, se cuenta con tres materiales amarillos, así como una variedad con adaptación para su uso como forrajera para ensilar.

El aprovechamiento de las variedades mejoradas QPM, requirió la caracterización varietal de los híbridos y variedades mejoradas, la cual se realizó a partir del ciclo otoño-invierno 1998/1999, en el Campo Experimental Cotaxtla, Campo Experimental Iguala, Campo Experimental Valle de Apatzingan, Campo Experimental Costa de Jalisco, Campo Experimental Zona Henequenera, obteniéndose la información necesaria para inscribir a cada uno de los materiales y sus progenitores en el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC), con lo cual se pudo producir semilla en categoría, básica, registrada y certificada, desde el ciclo primavera – verano 1999. La nomenclatura de los materiales registrados se ajustó al INIFAP, incluyéndose numeraciones por regiones de adaptación, es decir altitudes sobre el nivel del mar, así como regímenes de humedad y ciclo vegetativo de las variedades, sin embargo el área de adaptación rebasó en varios casos los niveles y regiones establecidos con anterioridad. A la numeración se adicionó la letra C después del número asignado para clarificar que es de Calidad, en el caso de maíces amarillos se agrega AC, que significa Amarillo de Calidad. Cuando un material es híbrido se le asigna la letra H; una variedad se le define por una letra V, una variedad sintética por las letras VS y los híbridos intervarietales por las letras HV. Se logró la inscripción ante el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC), obteniéndose los números de inscripción que se presentan en el Cuadro 1.

Si bien las variedades liberadas no cubren la totalidad de los Macroambientes de producción, los fitomejoradores del INIFAP continúan con los trabajos de mejoramiento y próximamente se tendrán variedades con adaptación en la mayoría de condiciones donde se cultiva maíz en México. Los fitomejoradores del INIFAP, están incorporando la característica de calidad, a maíces

Cuadro 1. Híbridos y variedades de maíz de calidad proteínica inscritos ante el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación en México. México, año 2000.

Variedad	Número de registro CVC	Variedad	Número de registro CVC
VS-334C	1324-MAZ-567-200900/C	H-442C	1314-MAZ-557-010900/C
VS-335C	1325-MAZ-568-200900/C	H-469C	1315-MAZ-558-010900/C
H-519C	1308-MAZ-551-150800/C	HV-521C	1316-MAZ-559-010900/C
H-553C	1309-MAZ-552-150800/C	H-551C	1317-MAZ-560-010900/C
H-363C	1310-MAZ-553-010900/C	H-552C	1318-MAZ-561-010900/C
H-365C	1311-MAZ-554-010900/C	H-554C	1319-MAZ-562-010900/C
H-367C	1312-MAZ-555-010900/C	H-555C	1320-MAZ-563-010900/C
H-368C	1313-MAZ-556-010900/C	V-537C	1322-MAZ-565-200900/C
V-538C	1323-MAZ-566-200900/C		

criollos, para contar con variedades criollas o mejoradas de la Mixteca Oaxaqueña, Montaña de Guerrero, Mesa Comiteca, Valles Altos, así como muchas otras regiones a la versión QPM. Se pretende que los materiales convertidos a QPM, sean similares a las que emplea el agricultor, con rendimientos por lo menos similares y en otros casos superiores en productividad y calidad proteínica. Como un elemento para favorecer la difusión se pretende que el uso de estos maíces no implique inversión adicional para incorporar mayor fertilizante u otros insumos, además de recomendarse variedades e híbridos específicos para cada región y lugares. En el caso de las variedades de polinización libre el agricultor podría producir su propia semilla. Ante la ausencia de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), con los maíces QPM, podrían promoverse esquemas de abasto de semillas localizados, es decir auto abasto para productores individuales, grupos de agricultores y asociaciones de productores, de tal manera que la semilla sea accesible en precio y fácil de producir. Se pretendería que la semilla estuviese disponible para lo productores, a precio accesible, con seguridad de la calidad genética, apoyadas en asociaciones de productores, organizados en redes de empresas de semilla a baja escala.

Con la semilla que cumplió con los elementos de calidad, finalmente fueron establecidas 70.000 hectáreas con materiales QPM en terrenos de agricultores de 20 estados de la República mexicana en el año 2000. Algunos lotes de semilla con baja germinación fueron detectados, corrigiéndose este error. En otros lugares bajo condiciones de alta productividad fueron sembradas las variedades, cuando su ámbito de respuesta debe ser en condiciones de temporal. Entonces el rendimiento fue insuficiente de acuerdo a la expectativa de los agricultores. Los agricultores de alta productividad debieron recibir semilla de híbridos QPM, los cuales poseen alto potencial productivo. Lo anterior ha limitado

una mayor penetración de los materiales QPM, lo que se explica con base en una utilización inadecuada de las ventajas técnicamente reconocidas. Aún cuando se ha contado con progenitores de híbridos con impacto en áreas de alto potencial de rendimiento, ya que se continuó con la producción de semillas para ofrecer en forma constante volúmenes de semilla básica y registrada, con énfasis en progenitores de nueve híbridos de maíz, para su avance hacia semilla certificada, poco ha sido su aprovechamiento. Se ha contado con progenitores en cantidad suficiente por lo menos para 100.000 hectáreas de híbridos.

PRODUCCIÓN DE SEMILLA

La multiplicación de semillas, requiere de información técnica, sobre el manejo agronómico, áreas de adaptación óptima, fechas de siembra, coincidencia a floración, relación hembra : macho, forma correcta de desespigue, siembra entre cada progenitor, densidad de población, fertilización convencional, respuesta a biofertilizantes, además de otra información que permita la obtención de los rendimientos más elevados de cada progenitor, así como semilla certificada. Para los nueve maíces QPM sobresalientes se cuenta con la información para apoyar a las empresas de semillas en esta actividad.

Como ejemplo de la información obtenida se menciona al híbrido sobresaliente QPM, denominado H-365 C el cual posee un potencial de producción de 10 t/ha, florece a los 78 días, posee grano blanco, madura a los 145 días. Se estima de manera conservadora que podría sembrarse en forma inmediata en 24 mil hectáreas por sus ventajas agronómicas. La tecnología de producción de semillas para el híbrido trilineal H-363 C, indica que esta integrado por la cruza simple hembra (CML141 x CML144) y la línea macho CML176, la

floración femenina en la cruz simple hembra ocurre en el ciclo primavera-verano a los 75 a 80 días y en el ciclo otoño-invierno a los 70 a 75 días, en este tiempo debe iniciarse el desespigamiento eliminando la espiga junto con una hoja. La línea macho libera polen en ciclo similar a la exposición de estigmas de la cruz simple hembra, por lo cual la siembra del progenitor hembra y macho es simultánea. La cruz simple hembra debe sembrarse a una densidad de población de 50 mil plantas/ha y la línea macho a 60 mil plantas/ha. La relación de surcos hembra y surcos macho adecuada para lograr productividad de semilla es 4:2 o 6:2 (Surcos de progenitor hembra y surcos de progenitor macho respectivamente). Conviene aplicar insecticidas sistémicos en la etapa de crecimiento vegetativo, es decir durante los primeros 55 días, para prevenir incidencia de plagas y vectores de enfermedades como rayado fino, mildew y otras. Se ha definido que la fertilización adecuada para producción de semillas es aplicando el tratamiento 220-60-60. La mitad de nitrógeno, todo el fósforo y potasio en la siembra, la segunda mitad del Nitrógeno a los 35 o 40 días de la siembra. El rendimiento que puede esperarse de semilla del híbrido H-363 C es de 6,0 a 8,0 t/ha en El Bajío durante el ciclo primavera – verano, y de 4,0 a 6,0 t/ha en el Trópico mexicano en el ciclo otoño – invierno.

Otro de los híbridos sobresalientes QPM en México, es el H-553 C con un potencial de producción superior a 11 t/ha, florece a los 79 días, posee grano blanco semidentado, madura a los 95 días en el área tropical de Veracruz. Se estima de manera conservadora que podría sembrarse en forma inmediata en 40 mil hectáreas por sus ventajas agronómicas. La semilla de este híbrido puede ser incrementada en otoño – invierno en zonas con altitudes de 0 a 1000 msnm ubicadas en los estados de Guerrero, Michoacán, Chiapas, Sinaloa, Jalisco, Nayarit, Colima, Campeche, Morelos y Veracruz. La tecnología de producción de semillas para el híbrido trilineal H-553 C, indica que está integrado por la cruz simple hembra (CML142 x CML150) y la línea macho CML176, la floración femenina en la cruz simple hembra ocurre en el ciclo primavera-verano a los 75 a 80 días en cambio en el ciclo otoño-invierno se presenta de 70 a 75 días, en este tiempo debe iniciarse el desespigamiento eliminando la espiga junto con una hoja. La línea macho libera polen en ciclo similar a la exposición de estigmas de la cruz simple hembra, por lo cual la siembra del progenitor hembra y macho es simultánea. Ambos progenitores deben sembrarse con una densidad de población de 50 mil plantas/ha. La relación de surcos hembra y surcos macho adecuada para lograr productividad de semilla es 6:2 (Surcos de progenitor hembra y surcos de progenitor macho respecti-

vamente). Conviene aplicar insecticidas sistémicos en la etapa de crecimiento vegetativo, es decir durante los primeros 55 días, para prevenir incidencia de plagas y vectores de enfermedades como rayado fino, mildew y otras. Se ha definido que la fertilización adecuada para producción de semillas en El Bajío, es aplicando el tratamiento 220-60-60, La mitad de nitrógeno, todo el fósforo y potasio en la siembra, la segunda mitad del Nitrógeno a los 35 o 40 días de la siembra. En cambio en el Trópico Húmedo conviene aplicar el tratamiento 184-69-30, la mitad del nitrógeno, todo el Fósforo y Potasio a la siembra; la segunda mitad del nitrógeno a los 35 ó 40 días después de la primera escarda. El rendimiento que puede esperarse de semilla del híbrido H-553 C es de 6,0 a 8,0 t/ha en El Bajío durante el ciclo primavera – verano, y de 4,0 a 6,0 t/ha en el Trópico mexicano en el ciclo otoño – invierno.

MAÍZ DE MEJOR CALIDAD PROTEÍNICA

Después de 39 años del descubrimiento del gene opaco 2, en diversos países cada día avanza el cultivo de materiales QPM, cristalizándose el ofrecimiento a la población de grano de maíz con mejor calidad proteínica y ventajas agronómicas. En México aún cuando inicialmente el programa arrancó con grandes expectativas, el avance de los últimos años ha sido lento. Si bien se continúa trabajando, será necesario replantear la estrategia más adecuada para lograr un mejor aprovechamiento. Lo anterior incluye un análisis exhaustivo de los materiales que conviene promover, ya que algunas cruces simples, si bien poseen buena productividad como materiales comerciales, la producción de semilla resulta muy costosa y de poco interés, propiciando riesgos para las empresas de semillas.

Se tiene en proceso la incorporación del esquema de androesterilidad y capacidad restauradora a los progenitores de híbridos QPM, para facilitar la producción de semilla y apoyar el desarrollo de empresas de semillas a baja escala, así como asociaciones de productores. Se desarrollan nuevos híbridos y variedades con ventajas sobre la primera generación de materiales QPM. Se han desarrollado materiales para los Valles Altos, donde no se contaba con variedades de este tipo. Las variedades desarrolladas en México podrían tener repercusión en otros países, ya que rinden bien. No hay duda que el consumo de maíz QPM, mejora la salud y salvará muchas vidas, ya que este tipo de maíces ofrece 90% del valor nutricional de la leche. Los trabajos que realiza el personal de INIFAP, apoyan el esfuerzo y logros de la Dra. Villegas y el Dr. Vasal, quienes obtuvieron el año 2000, El Premio Mundial de Alimentación. Cada nueva

variedad de maíz es fruto del esfuerzo constante y un paso en el camino de la siguiente Revolución Alimentaria, como lo ha señalado el Dr. Norman Borlaug (Premio Nobel de la Paz, 1971). El maíz es orgullosamente semilla y grano, alimento mexicano nacido en estas tierras para recorrer el mundo.

CONCLUSIONES

Se logró la descripción varietal y registro en el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación de 26 materiales, de los cuales destacaron 13 por sus ventajas agronómicas, rendimiento y producción de semilla para su uso extensivo.

Se logró integrar la tecnología de producción de semilla de cada uno de los trece materiales señalados, destacando los diferenciales a floración para lograr la coincidencia entre los progenitores.

Con la tecnología de producción disponible se pueden obtener rendimientos de semilla superiores a 3,5 t/ha, adecuados con ventajas para los usuarios y empresas de semillas.

LITERATURA CITADA

- ESPINOSA, C., A.; TURRENT, A.; CÓRDOVA, H.; GÓMEZ, N.; SIERRA, M.; BETANZOS, E.; CABALLERO, F.; COUTIÑO, B.; PALAFOX, A.; RODRÍGUEZ, F.; GARCÍA, A.; CANO, O.; AVELDAÑO, S. 2001. Maíces de calidad proteínica: Una alternativa para el campo mexicano. Innovación y competitividad. Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico, A.C. (ADIAT), Números 3 y 4: 10-15.
- BRESSANI, R. 1994. Opaque 2 corn in human nutrition and utilization. *In: Quality protein maize: 1964-1994. Proc. Of the international symposium on quality protein maize.* Embrapa/CNPMS, Sete Lagoas MG Brasil. p. 41-63.
- MERTZ, E.T.; BATES, L.S.; NELSON, O.F. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increase lysine content of maize endosperm. *Science*, 145: 279.
- MERTZ, E.T.; VERON, O.; BATES, L.S.; NELSON, O.F. 1965. Growth of rats fed opaque-2 maize. *Science*, 148: 1741-1742.
- MORRIS, M.L.; LÓPEZ, M.A. 2000. Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina 1996-1997. México D.F. CIMMYT. 45 p.
- ORTEGA, A.; COTA, O.; VASAL, S. K.; VILLEGAS, E.; CÓRDOVA, H.; BARRERA, M. A.; WONG, J.J.; REYES, C.A.; PRECIADO, R. E.; TERRÓN, A.; ESPINOSA, A. 2001. H-441C, H-442C y H-469C, híbridos de maíz de calidad proteínica mejorada para el noroeste y subtropical de México. INIFAP, CIRNO, Campo Experimental Valle del Yaqui, Folleto Técnico No. 41, Cd. Obregón, Sonora, 44 p.
- PALAFOX C., A., M. SIERRA M., M. F. RODRÍGUEZ. A. ESPINOSA C., N. GÓMEZ M., H. CÓRDOVA O. 2003. Yield and adaptation of Quality Protein Maize hybrids and varieties in Southeast Mexico. *In: Book of Abstracts. Arnel R. Hallauer International Symposium on Plant Breeding.* Mexico City. pp. 132-133.
- SIERRA, M.; PALAFOX, A.; CANO, O.; RODRÍGUEZ, F. A.; ESPINOSA, A.; TURRENT, A.; GÓMEZ, N.; CÓRDOVA, H.; VERGARA, N.; AVELDAÑO, R.; SANDOVAL, J.A.; BARRÓN, S.; ROMERO, J.; CABALLERO, F.; GONZÁLEZ, M.; BETANZOS, E. 2001. Descripción varietal de H-519 C, H-553 C y V-537 C, maíces con alta calidad de proteína para el Trópico Húmedo de México. INIFAP, CIRGOC, Campo Experimental Cotaxtla, Folleto Técnico No. 30, Veracruz, Veracruz, 21 p.
- VASAL, S.K.; VILLEGAS, E.; BJARNASON, M.; GELAW, B.; GOERTS, P. 1980. Genetic modifiers and breeding strategies in developing hard endosperm opaque-2 materials. *In: Pollmer, W.G., and R.H. Phipps (editors). Improvement of quality traits of maize for grain and silage use.* Martinus Mijhoff Publishers. Amsterdam, Holland. p. 37-73.
- VASAL, S.K.; SRINIVASAN, G.; PANDEY, S.; GONZALEZ, F.; CROSSA, J.; BECK, D.L. 1993. Heterosis and combining ability of CIMMYT's protein maize germplasm: Lowland tropical. *Crop Sci*, 46-51.
- VASAL, S.K. 1994. High quality protein corn. *In: Hallauer, A.R. (editor). Speciality Corns.* CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. p. 79.