

Poblaciones base para el diseño de variedades de maíz incluyendo la poliembrionía

Foundation populations to generate polyembryonic maize varieties

José Espinoza-Velázquez¹, Noé Musito-Ramírez², Humberto De León-Castillo¹, Víctor Manuel González-Vázquez², Daniel Sámano-Garduño³, José E. Gallegos-Solórzano³

E-mail: jespvel@uaaan.mx

¹Profesor Investigador, Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil". ²Alumno del Programa Doctoral en Fitomejoramiento, ³Alumno del Programa de Maestría en Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro C. P. 25315. Buenavista, Saltillo, Coah., México.

Abstract

Specialty maize varieties are increasingly demanded because their grains are a highly appreciated commodity for industrial applications. Maize polyembryony (PE) is a trait that contributes to increase the nutrition qualities of grains and plant, mainly in the grain's aminoacids and fatty acids content. This work is related to the initiation of two foundations of highly PE populations, dwarf and normal height, which in turn will be selected for high yield and quality (grain and forage) through three recurrent selection methods, named (HS) Half Sib, (FS) Full Sib, and (S₁) Selfing One, families. The first phase was made during the Spring-Summer, 2005 in the location Buenavista, Saltillo, Mexico, where the initial families for HS, FS, and S₁ were generated for further application of the mentioned selection methods.

Key words: *Zea mays* L., base populations, polyembryony, specialty maize.

Resumen

Las variedades de maíz especializado toman importancia en la actualidad por la diversidad de aplicaciones, tanto alimenticias como industriales; esto es, por cualidades de las substancias extraíbles, tanto en granos como plantas completas. La poliembrionía (PE) es un fenómeno que confiere al maíz calidad nutrimental en cuanto a proporción de lisina y triptofano, y aceites comestibles. En este trabajo se presentan los pasos iniciales para la integración de dos poblaciones base, de alta frecuencia PE, en versiones de porte normal y enano, y sobre las cuales se aplicarán tres métodos de selección recurrente, orientados a mejorar rendimiento en grano y forraje, a más de la calidad nutrimental de grano y planta. Los métodos propuestos son: Familias de Medio Hermanos (MH), Hermanos Carnales (HC), y líneas S₁. La primera fase de la experimentación, se llevó a cabo durante el ciclo Primavera-Verano, 2005, campo e invernadero, en Buenavista, Saltillo, México, generando con ello las primeras versiones de las tres estructuras genéticas (MH, HC, y S₁) sobre las que se aplicarán los métodos de selección señalados.

Palabras clave: *Zea mays* L., poblaciones fundación, poliembriónía, maíces especiales.

Introducción

La obtención en masa de substancias a industrializar, a partir de granos y plantas de maíz es una demanda actual a favor de la producción agrícola del cereal. Los altos rendimientos de las variedades mejoradas y los precios bajos del grano como materia prima son las causales de una demanda creciente para maíces de aplicación especial.

Los maíces poliembriónicos (MPE) generados en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, campus Saltillo, son materiales que poseen alta calidad nutrimental del grano, principalmente en contenidos de ácidos grasos insaturados oleico y linoleico (Valdez *et al.*, 2004) y los aminoácido lisina y triptofano (Valdez, 2005). Los actuales MPE están representados por dos poblaciones, una enana y otra de talla normal, que comparten frecuencias superiores a 55 % del fenómeno de semilla múltiple o poliembriónía (PE). En su origen, las frecuencias PE fueron del orden de 1.5 %, aumentando paulatinamente por selección en generaciones sucesivas (Rodríguez y Castro, 1977; Castro, 1978; Espinoza *et al.*, 1998; Espinoza y Vega, 2000; y datos no publicados aún por Espinoza y colaboradores). Con base en estos MPE, se inició un programa de mejora genética tendiente a utilizar a la formación de grupos élite que lleguen a servir en el diseño de variedades de maíz de alto aceite y aminoácidos esenciales.

El primer enfoque en este sentido es la aplicación de tres métodos de selección recurrente orientados a evaluar ganancia en rendimiento y otras características de importancia económica, además de la PE, cualidad específica de las poblaciones base. Los métodos a seguir son: el básico, ya aplicado en las dos poblaciones, selección de medio hermanos (MH); el de líneas S1; y el de hermanos carnales (HC); los tres procedimientos pudieran redituar ganancias efectivas en el incremento a la productividad de los grupos de maíz bajo estudio, como lo reportan para diversos grupos de maíz otros investigadores (Livini *et al.*, 1992; Weyhrich *et al.*, 1998).

Metodología experimental

Los materiales genéticos utilizados fueron muestras amplias (seis a ocho mil semillas) de las poblaciones de maíz de alta poliembriónía denominadas BAP (braquítica o enana) y NAP (porte normal); estas poblaciones se han manejado hasta el ciclo anterior (2004/2004) al que se reporta aquí por selección de medio hermanos. Las muestras poblacionales fueron establecidas en lotes aislados durante el ciclo Primavera –Verano 2005/2005; el aislamiento se logró por distancia geográfica entre ellos (2 Km), y por fechas de siembra con otros maíces en la vecindad de los lotes (siembras de marzo vs siembras de mayo y junio).

A la floración, cada lote se manejó por separado; en cada uno de ellos se cubrieron los jilotes con bolsas enceradas de tamaño adecuado, evitando la fecundación de cualquier polen, y así poder manipular la reproducción a voluntad del investigador. Alcanzado el punto para polinización, se marcó a las plantas que participarían como progenitores, sea como MH, HC, o Autofecundaciones (S1); en todo caso, se eligieron plantas sanas, buen tipo agronómico, coincidencia en la floración, y de dos o más plantas por semilla. Las S1 se realizaron al autofecundar de 800 a 1000 plantas. Los HC se lograron eligiendo al azar de 500 a 600 parejas de plantas de floración coincidente. Los MH se produjeron al seccionar el lote correspondiente en dos porciones, llevando polen de una sección a jilotes de la otra; estas cruza mesofraternales se llevó a cabo utilizando alrededor de 450 plantas en cada sección.

En el manejo de la polinización para generar los diferentes grupos de estructura genética señalados, se contó en cada población con al menos 1800 casos de plantas dobles y triples; en varios casos, se pudo generar en una misma mata (dos o tres plantas provenientes de una semilla) la versión de S1 y HC o MH, generando la posibilidad de evaluar por partida doble al mismo genotipo; sin embargo, un deficiente control de gusano elotero dañó muchos de los casos polinizados, rompiendo la coincidencia de genotipos en dos o tres de las estructuras genéticas diseñadas, y diezmando los casos polinizados con éxito.

Adicional a la formación inicial de las estructuras MH, HC y S1, fue generado el nuevo ciclo de selección de las poblaciones control, denominadas NBP y BBP, que representan a las dos poblaciones base pero donde la selección reversa, se acciona para eliminar la poliembrionía; Las control fueron establecidas a partir de muestras al azar amplias (2000 semillas) del ciclo inmediato anterior, en lotes vecinos a las poblaciones PE, pero 45 días después de haber establecidas las primeras; una vez alcanzada la floración, se marcaron las plantas de mejor tipo y floración coincidente, aplicando cruzamientos con mezcla de polen de un grupo (50 plantas) a otro de más de 100 plantas, evitando la autofecundación; la operación se llevó a cabo en cuatro (BBP) y cinco ocasiones (NBP), logrando alrededor de 400 polinizaciones por población.

Resultados y Discusión

El proceso de formación de grupos con diferente estructura genética, que conforman la base para aplicar los tres métodos de selección recurrente propuestos, se llevó a cabo con éxito, aunque en tamaño limitado en el número de integrantes por grupo (Cuadro 1). Una vez obtenido el conjunto de familias por grupo, muestras aleatorias de 30 semillas de cada familia, cada grupo, fueron calificadas a nivel de plántula, 21 días de edad, bajo condiciones de invernadero (en Buenavista, Saltillo), durante los meses de septiembre a noviembre, 2005; en el periodo, las temperaturas promedio mínima-máxima, y la humedad relativa en el invernadero, fueron como sigue:

20.3°, 33.7 °C, y 73 %. Los resultados de invernadero para los diferentes grupos se presentan en el Cuadro 2.

Las familias que continúan en el proceso de investigación, orientados a probar los métodos de selección recurrente señalados, fueron observadas a nivel de plántula en siembras de campo en la localidad de Tepalcingo, Mor., durante el ciclo Otoño-Invierno, 2005/2006; a través de una muestra aleatoria de 22 semillas, cada familia, cada grupo. Los resultados en cuanto a germinación y frecuencia poliembriónica se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 1. Establecimiento de lotes aislados para generar los grupos de familias MH, HC, y S1. Datos generales. Instituto Mexicano del Maíz, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2005

Concepto	NAP	BAP	NBP	BBP
Número de plantas elegibles para polinizaciones	3500	2800	1200	1100
Casos de familias HC generadas con éxito	462	307	-	-
Casos de familias S1 generadas con éxito	680	402	...-	...-
Casos de familias MH generadas con éxito	590	320	395	316
Número de familias HC después de selección en campo y mesa de identificación.	277	98	-	-
Número de familias S1 después de selección en campo y mesa de identificación.	408	132	-	-
Número de familias MH después de selección en campo y mesa de identificación.	340	240	285	202
Familias HC seleccionadas después de calificación en invernadero	235	83	-	-
Familias S1 seleccionadas después de calificación en invernadero	346	112	-	-
Familias MH seleccionadas después de calificación en invernadero	210	160	160	138

S1= Primera autofecundación; HC = Hermanos carnales; MH = Medio hermanos; NAP =Población porte normal, alta poliembriónica; BAP = Enana, alta poliembriónica; NBP = Alta, baja poliembriónica; BBP = Enana, baja poliembriónica.

Cuadro 2. Conformación y calificación de familias de maíz por población y estructura genética; datos de invernadero. Instituto Mexicano del Maíz, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2005

Grupo	NCI	NSI	PG ± DE	PPE ± DE
NAP, Fam S1	346	228	95 ± 4	68 ± 13
BAP, Fam S1	112	93	92 ± 7	67 ± 9
NAP, Fam HC	235	182	96 ± 4	69 ± 13
BAP, Fam HC	112	60	94 ± 4	68 ± 13
NAP, Fam MH	210	48	96 ± 4	66 ± 14
BAP, Fam MH	160	48	95 ± 4	62 ± 10
NBP, Fam MH	160	48	98 ± 4	< 2
BBP, Fam MH	138	48	98 ± 3	< 2

S1= Primera autofecundación; HC = Hermanos carnales; MH = Medio hermanos; NCI = Número de familias mejor calificadas en invernadero; NSI = familias que siguen bajo investigación; PG = Porcentaje de germinación; PPE = Porcentaje de poliembriónia; DE = Desviación estándar de la media.

Las familias que continúan en el proceso de investigación, orientados a probar los métodos de selección recurrente señalados, fueron observadas a nivel de plántula en siembras de campo en la localidad de Tepalcingo, Mor., durante el ciclo Otoño-Invierno, 2005/2006; a través de una muestra aleatoria de 22 semillas, cada familia, cada grupo. Los resultados en cuanto a germinación y frecuencia poliembriónica se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características promedio, siembras de campo, de los diferentes grupos, variando en su estructura genética particular. Instituto Mexicano del Maíz, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2005/2006

Grupo	Núm. fams.	Núm.matas	PG ± DE	PPE ± DE	PA ± DE
NAP, S1	173	2126	56 ± 21	57 ± 17	15 ± 14
BAP, S1	92	987	49 ± 22	58 ± 22	8 ± 9
NAP, HC	48	818	77 ± 15	72 ± 14	2 ± 4
NAP, MH	60	988	75 ± 13	65 ± 13	3 ± 2
BAP, MH	60	846	64 ± 19	66 ± 17	8 ± 7
NBP, MH	70	1364	89 ± 11	3 ± 4	6 ± 7
BBP, MH	70	1519	96 ± 5	3 ± 3	6 ± 5

Una mata = Una, dos o tres plantas por semilla; PA = Porcentaje de matas anormales; DE = Desviación estándar de la media.

Como puede apreciarse del Cuadro 3, la germinación se redujo cuando las familias crecieron en su nivel de endogamia, como es el caso de las familias S1 de los dos grupos. Un impacto también reduccionista en ambas poblaciones S1 se observó con respecto a la PE, aunque éste no fue tan notable como lo observado en germinación. Esta situación indica que, en lo general, la reducción en valor adaptativo de las S1, afecta al fenómeno PE, resaltando su naturaleza cuantitativa, ya que si el control genético del carácter fuera de un gen, la autofecundación hubiera aumentado la homocigosis del mismo y por ende se lograría un incremento en la frecuencia PE.

Los casos de anormalidad en matas de las poblaciones PE es una característica que las poblaciones antecedentes la presentan en proporciones de 12 a 14 %; sin embargo, en esta experimentación se ubica de manera general igual o menor a 8 %, destacando un sesgo notable en el grupo NAP-S₁ donde la proporción de anormales fue mayor; esta condición de bajos niveles de anormalidades puede ser un caso aislado, auspiciado por condiciones favorables en el lote experimental, o el efecto enmascarado de la germinación pobre en los grupos más endogámicos.

Conclusiones

Se establecieron las bases para el establecimiento de los grupos de estructura genética apropiada en el desarrollo de tres métodos de selección recurrente (familias S₁, HC, y MH), propuestos para el mejoramiento de las poblaciones NAP y BAP, especializadas por su alta frecuencia poliembriónica (mayor a 55 %), tendientes a concentrar aún más la calidad nutrimental en planta y granos.

Literatura citada

- Castro Gil, M. 1979. Estudio sobre herencia y valor nutritivo de semillas con doble embrión. Avances de investigación 1979. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p 24.
- Espinoza Velázquez, J; M C Vega Sánchez. 2000. maíces de alta frecuencia poliembriónica. In: Memoria del XVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitogenética (SOMEFI). Irapuato, Guanajuato, México. 15 al 20 de octubre, 2000. p 4.
- Espinoza, J; M C Vega; E Navarro, G A Burciaga. 1998. Poliembriónía en maíces de porte normal y enano. *Agronomía Mesoamericana* 9(2): 83-88.
- Livini, C; L Pirovano; A Brandolini; C Lorenzoni; M Motto. 1992. Evaluation of three cycles of recurrent selection for yield in an Opaque-2 variety of maize. *Maydica* 37: 89-93.
- Pesev, N; R Petrovic, Lj Zecevic, M Milosevic. 1976. Study of possibility in raising inbred lines with two embryos. *Theoretical and Applied Genetics* 47: 197-201.

- Rodríguez H, S; M Castro Gil. 1978. estudio sobre herencia de semillas de maíz con dos embriones. Avances de investigación 1978. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p 19.
- Valdez Lara, E Lizbeth. 2005. Ganancia en calidad nutrimental del grano como respuesta asociada a la selección para poliembriónía en maíz. Tesis de maestría en ciencias en Fitomejoramiento por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mimeografiado, 92 pp.
- Valdez L, L, J Espinoza V, A F Aguilera C, M L Reyes V. 2004. fatty acids in polyembryonic maize. The International Technologists 2004 Annual Meeting. July 12-16, 2004, Las Vegas, Nevada.
- Weyhrich, R A, K R Lamkey, A R Hallauer. 1998. Response to seven methods of recurrent selection in the BS11 maize population. Crop Sci. 38: 308-321.