

SELECCIÓN MASAL VISUAL ESTRATIFICADA Y DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS EN UNA CRUZA INTERVARIETAL F₂ DE MAÍZ

VISUAL MASS SELECTION AND HALF SIBS SELECTION ON A F₂ INTERVARIETAL CROSS OF MAIZE

Jesús García Zavala^{1*}, Jesús López Reynoso², José Molina Galán¹ y Tarcicio Cervantes Santana¹

¹ Programa de Genética, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco, C.P. 56230. Montecillo, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-0200 Ext. 1532. Fax: 01 (595) 952-0262. Correo electrónico: zavala@colpos.colpos.mx. ² Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carr. México-Texcoco, C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-1500 Ext. 6234. Fax: 01 (595) 952-1642.

* Autor responsable

RESUMEN

Se evaluó la respuesta a la selección de dos ciclos de selección masal visual estratificada (SMVE) y dos ciclos de selección familiar de medios hermanos (SFMH), realizados en la población F₂ de la cruce de las variedades de maíz (*Zea mays* L.) Zacatecas 58 SM₂₀ y Tuxpeño Crema 1 SM₁₂, mediante experimentos en Chapingo, Méx. y Tecamac, Méx., bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas divididas. En las parcelas grandes se asignaron las densidades de población (62 625 y 83 375 plantas/ha) y en las pequeñas las variedades, las cuales fueron las dos variedades progenitoras, las generaciones F₁ y F₂ de la cruce, los compuestos de ciclos de selección 1 y 2 de SMVE y SFMH, y los híbridos H-139, H-135 y H-38E como testigos. La respuesta genética promedio del rendimiento de grano por ciclo de selección fue de 10 % en la SFMH y de 5.7 % en SMVE. Entre densidades de población no hubo diferencia en la respuesta genética de la SMVE, pero en la SFMH la respuesta fue de 13.4 % en la densidad baja y 7.1 % en la densidad alta, respectivamente.

Palabras clave: *Zea mays* L., variedades exóticas, densidad de población, respuesta a la selección, heterosis.

SUMMARY

The response to selection of two cycles from stratified visual mass selection (SVMS) and two cycles of half-sibs selection (HSS), obtained from the F₂ of the intervarietal cross between Zacatecas 58 SM₂₀ and Tuxpeño Crema 1 SM₁₂ maize (*Zea mays* L.) varieties, was evaluated in two experiments conducted at Chapingo and Tecamac, México, under a completely randomized blocks design with four replications. Treatments arrangement was split plots, where densities 62 625 and 83 375 plants/ha were assigned to whole plots and varieties were assigned to subplots. The varieties included were the original varieties, the F₁ and F₂ generations of the intervarietal cross, composite cycles 1 and 2 of SVMS and HSS, and the hybrids H-139, H-135 and H-38E, as checks. The average genetic gain for grain yield per cycle of selection for HSS was 10 %, and 5.7 % for SVMS. Although for SVMS there was no difference between population densities, selection response in HSS was 13.4 % for low density and 7.1 % for high density, respectively.

Index words: *Zea mays* L., exotic varieties, plant density, selection response, heterosis.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante en México debido a que constituye el principal componente de la dieta alimenticia de la población y ocupa la mayor superficie cultivada.

La selección del maíz efectuada por el hombre a través de varios siglos, y aún milenios, en ambientes diversos, ha dado lugar a una amplia variabilidad genética en esta especie. En México dicha variabilidad se ha clasificado en más de 30 razas (Wellhausen *et al.*, 1951; Hernández y Alanís, 1970). En condiciones ambientales favorables algunas variedades de estas razas pueden llegar a rendir de seis a ocho toneladas de grano (Wellhausen, 1981).

Debido a que la demanda nacional de maíz supera a la producción, es necesario generar variedades mejoradas con altos rendimientos por unidad de superficie. El mejoramiento poblacional permite generar variedades mejoradas de polinización libre, las cuales son convenientes para los agricultores que no cuentan con los recursos para adquirir semilla híbrida (Hallauer y Miranda, 1981). La selección masal visual estratificada (SMVE) y la selección de familias de medios hermanos (SFMH), en su modalidad de mazorca por surco (Lonnquist, 1964), han sido efectivas para mejorar el rendimiento de grano en maíz. Con la SMVE se han obtenido ganancias en rendimiento de grano de 2.0 a 21.8 % (Molina, 1980; Martínez, 1990; López, 1991) y con la SFMH las ganancias obtenidas han sido hasta de 10.3 % por ciclo (Romero, 1968). Al comparar la eficiencia relativa de la selección familiar vs la de la selección masal, se han encontrado que los incrementos en rendimiento son mayores que en la selección familiar (Webel y Lonnquist, 1967; Claire, 1984; Mendoza, 1982).

Las variedades exóticas de maíz pueden ser adaptadas mediante selección a ambientes diferentes con sólo unos cuantos ciclos de selección; además la selección practicada en generaciones avanzadas puede conducir a la formación de variedades más rendidoras y con buena heterosis en sus cruza (Vega, 1975; Martínez, 1990; Navas y Cervantes, 1991; Pérez *et al.*, 2000).

En algunos trabajos se indica la posibilidad de incrementar el rendimiento de materia seca y grano por hectárea con aumentos en densidades de población (Jolliefe *et al.*, 1990), pero en otros se señala lo contrario (Ottman y Welch, 1989). Según Bucio (1969), al aumentar la densidad de población la varianza fenotípica disminuye, lo que podría dificultar la selección de los mejores genotipos; por ello sugiere hacer la selección masal en maíz a las densidades de población acostumbradas por los agricultores.

Tomando como base los antecedentes expuestos, el presente trabajo se hizo con el objeto de comparar la selección masal visual estratificada (SMVE) con la selección familiar de medios hermanos (SFMH), a través de dos ciclos, sobre el rendimiento de grano y otros caracteres agronómicos de la población F_2 derivada del cruzamiento entre dos variedades exóticas de maíz. Al respecto, se postuló que la cruce F_2 resultaría superior en rendimiento de grano al mejor progenitor; que tanto la SMVE como la SFMH aplicadas en una densidad de siembra mayor que la comercial, son eficientes para incrementar el rendimiento de grano, y que la SFMH es más eficiente que la SMVE, ya que en la primera los efectos ambientales son más controlables que en la segunda.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético utilizado se obtuvo a partir del cruzamiento de las variedades Zacatecas 58SM₂₀ y Compuesto Tuxpeño Crema 1 SM₁₂, ambas introducidas al Valle de México y adaptadas por selección masal visual estratificada (SMVE). La primera corresponde al compuesto de ciclo 20 de SMVE de la variedad Zacatecas 58 perteneciente a la raza Cónico Norteño, y la segunda al compuesto de ciclo 12 de SMVE del Compuesto Tuxpeño Crema 1, el cual es un compuesto de variedades sobresalientes de la raza Tuxpeño. En el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado a 2250 msnm, 19° 29' LN y 98° 53' LO, se obtuvo la cruce Zacatecas 58SM₂₀ x Tuxpeño Crema 1 SM₁₂ y la generación F_2 de esta cruce. A partir de la población F_2 se realizaron dos ciclos de SMVE y dos ciclos de selección combinada de SFMH, a una densidad de población de 83 375 plantas por hectárea, en ambas modalidades de selección. El criterio principal de selección fue el rendimiento de grano, combinando con plantas de altura baja y de mazorcas más secas.

Las dos variedades progenitoras, las generaciones F_1 y F_2 de su cruce, los compuestos de ciclos 1 y 2 de SMVE y SFMH así como los híbridos H-139, H-135 y H-38E como testigos, fueron evaluados. Se evaluaron en dos densidades de población: 62 625 (D_1) y 83 375 (D_2) plantas por hectárea, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con arreglo de parcelas divididas. Las densidades se asignaron a las parcelas grandes y las variedades a las parcelas chicas. La unidad experimental consistió de dos surcos separados a 0.80 m. La longitud del surco en D_1 fue de 5.0 m con 25 matas separadas a 0.20 m y en D_2 fue de 5.0 m con 33 matas separadas a 0.15 m. En ambas densidades cada mata estuvo constituida por una planta. El experimento fue establecido en 1993, en los Campos Experimentales de la Universidad Autónoma Chapingo en Chapingo y del Colegio de Postgraduados en Tecamac, ambos en el Estado de México.

Los caracteres evaluados fueron: altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), número de días a floración masculina (DF), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras por mazorca (NHM), número de granos por hilera (NGH), peso de 200 granos (PDG) y rendimiento de grano por hectárea (RGH). Los caracteres AP y AM se midieron en una muestra de 10 plantas por parcela; DF se cuantificó cuando 50 % de las plantas de la parcela estaban en antesis; LM, DM, NHM, NGH y PDG se midieron en una muestra de 10 mazorcas por parcela. El RGH se calculó como sigue: se dividió el peso en kilogramos de mazorca a humedad constante (secada en campo por varios días) entre el número de plantas cosechadas con competencia completa; el valor resultante se multiplicó por la densidad de plantas/ha y por el porcentaje de desgrane; este último se obtuvo al dividir el peso del grano de 10 mazorcas entre el peso total de 10 mazorcas.

Se hicieron análisis de varianza por localidad y análisis combinado de las dos localidades. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad. Para RGH se calculó la heterosis de la F_1 con respecto al progenitor medio y con respecto al mejor progenitor, de acuerdo con Márquez (1988). También se calculó la depresión por endogamia de la F_2 : $(F_1 - F_2)/F_1$, y la respuesta a la selección a partir del coeficiente de regresión lineal simple sobre el número de ciclos de SMVE y de SFMH para cada densidad y para el promedio de densidades (Molina, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas entre localidades para RGH, PDG, AP, AM y DF; entre densidades

para RGH, LM, PDG y DF; y entre variedades para todos los caracteres analizados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza combinado por localidades para nueve caracteres.

F.V.	RGH (t ha ⁻¹)	LM (cm)	DM (cm)	NHM	NGH	PDG (g)	AP (m)	AM (m)	DF (d)
L	54.4*	0.0	0.04	0.03	6.2	394.6*	2.50**	2.80**	7.80**
Ea	4.6	2.2	0.12	0.20	6.4	65.5	0.05	0.03	0.003
D	91.0**	7.2**	0.001	0.001	15.1	426.7**	0.02	0.05	17.40**
DxL	0.8	0.0	0.004	0.02	0.4	4.7	0.003	0.001	3.60**
Eb	2.5	0.8	0.05	0.07	2.7	13.5	0.03	0.02	0.007
V	15.0**	9.0**	0.50*	22.00**	58.0**	527.0**	1.30**	1.10**	2152.00**
VxD	0.3	0.3	0.08	0.91	4.4	15.3	0.02	0.01*	0.61**
VxL	1.1	1.1*	0.09	1.20*	2.6	50.7*	0.02*	0.02**	1.60**
VxDxL	0.6	0.3	0.07	0.10	3.3	16.5	0.006	0.005	1.20**
Ec	0.6	0.5	0.07	0.61	3.3	27.1	0.01	0.007	0.004
CV	9.7	4.8	6.04	5.10	6.0	7.1	4.04	5.10	0.076

* y **: Significativo al nivel 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. L = Localidades, D = Densidades, V = Variedades.

RGH = Rendimiento de grano por hectárea; LM = Longitud de mazorca; DM = Diámetro de mazorca; NHM = Número de hileras por mazorca; NGH = Número de granos por hilera; PDG = Peso de 200 granos; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; DF = Días a la floración masculina.

E a = Error tipo a; E b = Error tipo b; E c = Error tipo c.

Para la interacción VxD sólo resultaron significativos los caracteres AM y DF, y para la interacción VxDxL sólo resultó significativo el carácter, DF. La falta de interacción con densidades y localidades para rendimiento y sus componentes, pudo deberse a que la selección aumentó la frecuencia de genes para rendimiento en los últimos ciclos de ambas variedades por la eliminación progresiva de individuos no adaptados, y por favorecer la adaptación de las poblaciones al ambiente de selección durante los primeros ciclos del proceso (Martínez, 1990; Pérez *et al.*, 2000). En los caracteres con interacción significativa ésta pudo deberse a las diferencias entre localidades, ya que según Bucio (1969) la interacción genotipo-ambiente es directamente proporcional a las diferencias ambientales y también directamente proporcional a las diferencias entre genotipos. Los coeficientes de variación fueron de magnitud aceptable, al variar de 4 a 9.7 %.

Entre localidades el mayor rendimiento de grano se obtuvo en Chapingo, tal vez por que en esta localidad se efectuó la selección, pues de acuerdo con Villanueva (1990), los máximos rendimientos se dan en el lugar donde las variedades fueron seleccionadas. En cambio, el peso de 200 gramos fue mayor en Tecamac que en Chapingo, lo que se atribuye a una mayor escasez de humedad durante el periodo de llenado de grano en esta última localidad. Los días a floración resultaron mayores, y la altura de planta menores en Tecamac, por ser éste un lugar ligeramente más frío que Chapingo.

El rendimiento de grano fue mayor en la densidad alta, pues aunque hubo reducción en el rendimiento por planta, (Cuadro 2), está se compensó con el incremento en el número de plantas por hectárea, tal como lo señalan Prine y Schroder (1964) y Jolliffe *et al.* (1990). En la densidad alta las plantas tuvieron un ligero retraso en la floración y menor valor en algunos componentes del rendimiento; en forma similar, Alvarado (1977) observó que al aumentar la densidad de siembra se incrementa ligeramente el número de días a la floración por efecto de competencia entre plantas.

Cuadro 2. Comparación de medias por localidades y densidades de población para nueve caracteres.

Concepto	RGH (t ha ⁻¹)	LM (cm)	DM (cm)	NHM	NGH	PDG (g)	AP (m)	AM (m)	DF (d)
Localidades									
Chapingo	9.1a	14.9a	4.5a	15.3a	30.5a	67.8b	2.75a	1.82a	90.7b
Tecamac	7.9b	14.9a	4.4a	15.3a	30.1a	71.0a	2.50b	1.56b	91.9a
DSH 0.05	0.83	0.58	0.13	0.17	0.98	3.13	0.09	0.06	0.02
Densidades									
Baja (62 625 pph)	7.8b	15.1a	4.5a	15.3a	30.6a	71.0a	2.61a	1.67a	91.0b
Alta (83 375 pph)	9.3a	14.7b	4.5a	15.3a	30.0a	67.6b	2.63a	1.71a	91.6a
DSH 0.05	0.61	0.35	0.08	0.10	0.64	1.42	0.07	0.05	0.03

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Comparación vertical.

RGH = Rendimiento de grano por hectárea; LM = Longitud de mazorca; DM = Diámetro de mazorca; NHM = Número de hileras por mazorca; NGH = Número de granos por hilera; PDG = Peso de 200 granos; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; DF = Días a la floración masculina; pph = plantas por hectárea.

En la comparación de variedades (Cuadro 3), la variedad Tuxpeño Crema 1 SM₁₂ (Tuxpeño C. 1 SM₁₂) superó a la variedad Zacatecas 58 SM₂₀ (Zac.58 SM₂₀) en todos los caracteres analizados, excepto en PDG, ya que Tuxpeño es de mayor porte y más tardía. Sin embargo, la cruza F₁ superó a Tuxpeño Crema 1 SM₁₂, el mejor progenitor, en rendimiento y tamaño de grano, a la vez que resultó de menor altura de planta y mazorca y también más precoz; la cruza F₁ superó en rendimiento al H-135 y resultó igual al testigo, con menos altura de planta y de mazorca, y más precoz. Tal comportamiento de la F₁ se atribuye al efecto de la selección previa tanto para rendimiento de grano como para precocidad, en ambas variedades progenitoras, y para menor altura de planta en Tuxpeño Crema 1, lo cual explica el efecto heterótico favorable que tuvo esta variedad sobre sus progenitores y en relación con las variedades testigo, principalmente en el aumento en el peso de 200 gramos y a valores intermedios de AP, AM y DF. La generación F₂ tuvo menor rendimiento que la F₁ y más tardía, probablemente por los efectos de la depresión por endogamia y a la segregación de genotipos, lo cual se reflejó

Cuadro 3. Comparación de medias (promedio de localidades y densidades) de variedades para nueve caracteres.

Variedad	RGH (t ha ⁻¹)	LM (cm)	DM (cm)	NHM	NGH	PDG (g)	AP (m)	AM (m)	DF (d)
Zac. 58SM20	6.6 d	13.5 c	4.1 c	14.7 c	25.8 c	65.4 cd	2.04 f	1.18 e	64 j
Tuxpeño C. SM12	7.8 c	15.7 a	4.4 b	16.0 b	33.6 a	58.7 e	3.25 a	2.29 a	108 a
F1	9.7 a	15.5 a	4.5 b	15.0 c	31.2 b	72.5 ab	2.60 cd	1.65 cd	90 e
F2	8.0 bc	15.0 ab	4.4 b	14.8 c	30.6 b	70.2 bc	2.65 cd	1.69 cd	93 d
C1 SMVE	8.5 bc	15.2 a	4.5 b	14.4 c	30.0 b	72.9 ab	2.56 de	1.62 d	89 g
C2 SMVE	8.9 ab	15.2 a	4.4 b	14.5 c	30.0 b	73.9 ab	2.55 de	1.62 d	88 i
C1 SFMH	8.9 ab	15.2 a	4.5 b	14.6 c	29.8 b	73.5 ab	2.59 de	1.62 d	89 h
C2 SFMH	9.6 a	15.4 a	4.4 b	14.5 c	30.4 b	77.2 a	2.52 e	1.63 d	89 f
Testigo [†]	9.5 a	13.8 c	4.9 a	18.0 a	30.6 b	66.2 cd	2.69 bc	1.75 bc	95 c
H-135	7.9 c	14.3 bc	4.6 ab	16.5 b	30.8 b	63.5 de	2.77 b	1.83 b	103 b
DSH 0.05	0.95	0.81	0.31	0.89	2.08	5.67	0.12	0.09	0.08

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Comparación vertical.

RGH = Rendimiento de grano por hectárea; LM = Longitud de mazorca; DM = Diámetro de mazorca; NHM = Número de hileras por mazorca; NGH = Número de granos por hilera; PDG = Peso de 200 granos; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; DF = Días a la floración masculina; [†] Promedio de los híbridos H-38E y H-139.

en menores valores para longitud de mazorca, número de granos y peso de 200 gramos; aún así, igualó el rendimiento de Tuxpeño Crema 1 SM12, además de ser más precoz y de menor altura de planta que éste.

Los compuestos de ciclos 1 y 2 de SMVE rindieron estadísticamente igual que la F₂, pero el ciclo 2 tuvo mayor tamaño de grano y fue cinco días más precoz que la F₂, atribuible a la selección de las mazorcas más secas al momento de la cosecha. En los demás caracteres no hubo diferencias significativas entre la F₂ y los compuestos de SMVE; no obstante, dichos compuestos mostraron tendencias hacia una menor altura de planta y de mazorca, lo que sugiere que la selección de plantas más bajas puede ser efectiva para reducir o mantener la altura de planta y de mazorca, al efectuar con mayor número de ciclos de selección.

Para la SFMH no se registraron diferencias estadísticas en rendimiento entre el ciclo 1 y la F₂, pero sí las hubo con respecto al ciclo 2, ya que éste presentó un incremento significativo en el tamaño de grano y un menor número de días a la floración. En los demás caracteres no hubo diferencias significativas entre la F₂ y los compuestos de SFMH, aunque estos compuestos tendieron a ser más precoces y de menor altura de planta y mazorca.

No hubo diferencias significativas entre los compuestos de ciclos 1 y 2 de SMVE ni tampoco las hubo entre los de SFMH, aunque el ciclo 2 fue numéricamente mayor que el ciclo 1 en las dos metodologías de selección. Lo anterior permite suponer que es necesario hacer más ciclos de selección para lograr ganancias significativas con la selección, en ambas metodologías. Los compuestos de SFMH tendieron a superar en rendimiento a los compuestos de SMVE. Es de destacar que el compuesto de ciclo 2 de SMVE y los compuestos de ciclo 1 y 2 de SFMH iguala-

ron estadísticamente el rendimiento promedio de los híbridos H-38E y H-139, y superaron al del híbrido H-135.

Para el carácter rendimiento de grano, la heterosis de F₁ con respecto al progenitor medio fue casi igual en ambas densidades, con 35 y 34 %, respectivamente (Cuadro 4). Una situación similar ocurrió en la heterosis con respecto al progenitor superior (HPS), que fue de 23 y 24 %, respectivamente. Estos resultados confirman que puede obtenerse alta heterosis en cruzamientos interraciales de maíz, heterosis que podría incrementarse mediante la selección de los genotipos que mejor se adapten, al aumentar la frecuencia de genes para adaptación y rendimiento al ambiente de selección (Cervantes y Castillo, 1985; Navas y Cervantes, 1991).

Cuadro 4. Heterosis de la F₁ en relación con el progenitor medio (HPM) y el mejor progenitor (HPS), depresión endogámica (DE) de la F₂ y respuesta por ciclo de selección masal (RSMVE) y familiar (RSFMH) para rendimiento de grano en diferentes densidades de población.

Densidades	HPM (%)	HPS (%)	DE (%)	RSMVE (%)	RSFMH (%)
62 625 plantas/ha	35	23	19	5.6	13.4
83 375 plantas/ha	34	24	16	5.9*	7.1
Promedio	34	24	17	5.7*	10.0

*: Significativo al 0.05.

La depresión por endogamia de la F₂ fue casi la mitad de la heterosis del progenitor medio (Cuadro 4), de 19 % en la densidad baja y de 16 % en la densidad alta. En promedio de ambas densidades, la heterosis fue de 34 % y la depresión endogámica de 17 %. Note que tales valores están en concordancia con la predicción teórica hecha por Mather y Jinks (1971), en el sentido de que la F₂ media corresponde a la mitad (1/2h) de la F₁ media (h).

La respuesta genética promedio del rendimiento de grano por ciclo de SMVE fue similar en ambas densidades (Cuadro 4), de 5.6 % en la baja y de 5.9 % en la alta; en cambio, en la SFMH la respuesta en la densidad baja fue

casi el doble de la respuesta en la densidad alta, con valores de 13.4 % y 7.1 %, respectivamente.

La mejor respuesta obtenida con la selección familiar en la densidad baja con respecto a la alta, pudo ser el resultado de que la selección se efectuó a una densidad de (83 375 plantas por hectárea), por lo que los genotipos seleccionados tuvieron mejor respuesta a la densidad baja (62 625 plantas/ha), en la cual hay una menor competencia entre plantas. Estos resultados sugieren que la selección familiar de medios hermanos en altas densidades de población mejora la respuesta genética de los materiales en densidades bajas, en la cual los genotipos provenientes de alta densidad se expresan mejor (Navas y Cervantes, 1991). Estos resultados también indican que la selección familiar de medios hermanos tiende a ser más eficiente que la selección masal visual estratificada, en ambas densidades, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Webel y Lonnquist (1967), Sprague y Eberhart (1977), Mendoza (1982) y Claure (1984), quienes encontraron que la SFMH fue más eficiente que la selección masal.

CONCLUSIONES

La selección familiar de medios hermanos fue más eficiente que la selección masal visual estratificada para incrementar el rendimiento de grano de la población F₂ de Zacatecas 58 SM₂₀ x Tuxpeño Crema 1 SM₁₂, por haberse obtenido un avance genético por ciclo de selección de 7.1 a 13.4 % con la primer metodología y de 5.6 a 5.9 % con la segunda, para baja y alta densidad de población sin aumentar en ambos casos la altura de planta, pero sí reducir el ciclo hasta en cinco días. La generación F₁ de la crusa interracial superó en rendimiento absoluto al resto de materiales evaluados gracias a la alta heterosis entre sus progenitores, la cual fue de 34 % con respecto al progenitor medio y de 24 % con respecto al progenitor superior. La depresión por endogamia de la F₂, en relación con la alta heterosis obtenida en la F₁ respecto al progenitor medio, fue de 17 %, en concordancia con la predicción genética teórica correspondiente.

La selección de plantas o familias de menor altura y más precoces fue efectiva para mantener o reducir la altura de planta y de mazorca de los compuestos de selección, y para lograr que el ciclo biológico disminuyera y el rendimiento de grano aumentara, con respecto a la variedad original (F₂).

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado C M (1977) Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento y caracteres agronómicos de siete variedades de maíz (*Zea mays* L.) durante la primavera de 1976 en Apodaca N.L. Tesis

- Profesional. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L., México. 87 p.
- Claure I V T (1984)** Mejoramiento del maíz en Bolivia por selección masal y selección combinada de medios hermanos. *Agrociencia* 58:191-203.
- Cervantes S T, F Castillo G (1985)** Comportamiento de cruza F₂ interraciales de maíz de México evaluadas en ambientes contrastados. *Revista Chapingo* 47-49:52-58.
- Bucio A L (1969)** El método de selección masal y su relación con el medio ambiente. *Agrociencia* 4(1):139-145.
- Hallauer A R, J B Miranda (1981)** Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press. EUA. 468 p.
- Hernández X E, G Alanís F (1970)** Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: Implicaciones filogenéticas y fitogeográficas. *Agrociencia* 5:3-30.
- Jolliffe P A, A J P Tarimo, G W Eaton (1990)** Plant growth analysis: growth and yield component responses to the population density in forage maize. *Ann. Bot.* 65:139-147.
- Lonnquist J H (1964)** A modification on the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. *Crop Sci.* 4:227-228.
- López R J J (1991)** Selección masal visual estratificada en un compuesto de maíz y su eficiencia relativa a híbridos de la Mesa Central. *Agrociencia serie Fitociencia* 2(2):81-94.
- Márquez S F (1988)** Genotecnía Vegetal. Tomo II. AGT Editor. México. 665 p.
- Martínez A J (1990)** Selección masal para adaptación en Chapingo de una población de maíz Tuxpeño. *Agrociencia serie Fitociencia* 4(1):69-84.
- Mather K, J L Jinks (1971)** Biometrical Genetics. (3rd edition). London. Chapman and Hall. 456 p.
- Mendoza R M (1982)** Comparación de metodologías de fitomejoramiento en dos variedades temporales de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 127 p.
- Molina G J (1980)** Selección masal para resistencia a sequía. *Agrociencia* 42:69-72.
- Molina G J (1992)** Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa (Algunas Implicaciones en Genotecnía). AGT Editor. México. 349 p.
- Navas A A, T Cervantes S (1991)** Selección para rendimiento y adaptación a Valles Altos en cruza interracial tropicales de maíz de México. *Agrociencia Serie Fitociencia* 2(4):97-114.
- Ottman M J, L F Welch (1989)** Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration and yield in corn. *Agron. J.* 81:167-174.
- Pérez C A A, J Molina G, A Martínez G (2000)** Adaptación a clima templado de una variedad de maíz tropical mediante selección masal visual estratificada. *Agrociencia* 34(5):533-542.
- Prine G M, V N Schroder (1964)** Above-soil environment limits yields of semiprolific corn as plant population increases. *Crop Sci.* 4:359-360.
- Romero F J (1968)** Selección mazorca por hilera en maíz en Honduras. *In: 14a. Reunión Centroamericana, PCCMCA.* San José, Costa Rica. pp:29-32.
- Sprague G F, S A Eberhart (1977)** Corn breeding. *In: Corn and Corn Improvement.* G F Sprague (ed). ASA. Madison, Wisconsin. pp: 305-362.
- Vega L R A (1975)** Adaptabilidad en diferentes medios ambientales de cruzamientos entre germoplasma de maíz (*Zea mays* L.) de clima caliente húmedo y clima caliente seco. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L. México. 139 p.
- Villanueva V C, J Molina G, A Martínez G (1990)** Selección masal visual estratificada rotativa e *in situ* en la variedad de maíz Zacatecas 58. *Agrociencia Serie Fitociencia* 1(3):73-86.

Webel O D, J H Lonquist (1967) An evaluation of modified ear-to-row selection in a population of corn (*Zea mays* L.). Crop Sci. 7:651-655.

Wellhausen E J, L M Roberts, E Hernández X (1951) Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. SAG, OEE. Folleto Técnico No. 5. México. 237 p.

Wellhausen E J (1981) Razas y variedades mexicanas de maíz y su importancia en el mejoramiento genético. *In*: Memoria del Simposio Nacional: El Maíz en México, su Pasado, su Presente y su Futuro. Guadalajara, Jalisco, México. pp: 75-80.