

RESPUESTA A LA SELECCIÓN EN VARIEDADES TROPICALES DE MAÍZ

SELECTION RESPONSE IN TROPICAL MAIZE VARIETIES

J. Apolinar Mejía Contreras* y José D. Molina G¹

¹ Programa en Genética, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230 Montecillo, Estado de México. Tel: 01 (595) 952-0257. Fax: 01 (595) 952-0262. Correo electrónico: mapolina@colpos.mx

*Autor responsable

RESUMEN

Con el objeto de evaluar la respuesta a la selección en tres poblaciones tropicales de maíz, mediante selección familiar combinada alternante, se sembraron los sintéticos seleccionados en ensayos de rendimiento en los ciclos agrícolas otoño-invierno (ciclo A) y primavera-verano (ciclo B), en seis localidades de la Zona Costera del estado de Veracruz, durante los años de 1988 a 1990. Se encontró una respuesta positiva a la selección en las tres poblaciones, en donde destacan los ciclos C₆ y C₃ de la Mezcla Tropical Blanca (P2) por el mayor rendimiento. La mayor respuesta a la selección, en promedio de los dos ciclos de prueba, fue observada en la población Tuxpeño planta baja (P1) (4.6 %), seguida de la P2 (3.6 %) y finalmente de la población la Posta (P3) (3.3 %). La mayor respuesta a la selección en el ciclo A fue observada en la P1 (5.5 %), y en el ciclo B fue en la P2 (4.2 %). En P1 se registró la mayor respuesta a la selección en el ciclo A, pero P2 y P3 mostraron mayor respuesta en el ciclo B.

Palabras clave: *Zea mays* L., respuesta a la selección, selección familiar, variedades tropicales de maíz.

SUMMARY

In order to determine the response of three tropical maize populations to the alternate combined family selection, the selected synthetics were evaluated in two seasons Fall- Winter (season A) and Spring - Summer (season B), in six environments of the coastal zone in the State of Veracruz, from 1988 to 1990. The results showed the three populations having a positive response to selection. Cycles C₆ and C₃ of Mezcla Tropical Blanca (P2) had the highest yield performance. In both seasons, Tuxpeño planta baja (P1) had the highest average response to selection (4.6 %) followed by P2 and population La Posta (P3). In season A, P1 had the highest response to selection (5.5 %), but in season B, P2 had the highest response followed by P3 and P1, respectively.

Index words: *Zea mays* L., selection response, family selection, tropical maize varieties.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en México cubre una superficie anual aproximada de ocho millones de hectáreas (CEA, 2000), de la cual 94 % corresponde al ciclo de primavera-verano (PV), y 6 % al ciclo de otoño-invierno (OI). Del total, 88 % de la superficie se siembra en condiciones de temporal o secano, con 40 % en el trópico

húmedo, debido a que en esta zona la precipitación pluvial ocurre en mayor cantidad y mejor distribución, por lo que se considera una zona apropiada para el cultivo del maíz en el sistema de siembra de temporal (Rodríguez, 1990).

Con respecto al tipo de semilla usada, se estima que en el trópico húmedo 70 % de la superficie cultivada en temporal se siembra con semilla criolla (Turrent, 1990). Por ello la obtención de variedades mejoradas de polinización libre de amplia adaptación, constituye una alternativa para impulsar el uso de variedades mejoradas de maíz en el trópico húmedo de México (Molina *et al.*, 1984¹).

La selección recurrente es un método viable en la formación de variedades mejoradas, debido a que incluye eventos que son conducidos en forma repetitiva, y tiene como objetivos principales: i) incrementar la frecuencia de los alelos favorables, al cambiar la media de la población en la dirección deseada, y ii) mantener suficiente variabilidad genética para sostener una selección continua a través del entrecruzamiento de las progenies superiores en cada ciclo de selección (Hallauer *et al.*, 1988).

En el proceso de la selección recurrente, excepto para la selección masal fenotípica, son comunes tres fases distintivas: i) desarrollo de progenies de la población base seleccionada, ii) evaluación de progenies en repeticiones y ambientes, y iii) recombinación de las progenies seleccionadas identificadas como sobresalientes en ensayos uniformes, para integrar una nueva población en selección continua. El tipo de progenies desarrolladas, el número de evaluaciones, los métodos de recombinación, y el número de estaciones de crecimiento o años requeridos para completar un ciclo de selección, varía con los diferentes métodos (Hallauer *et al.*, 1988).

¹ Molina G J D, A Mejía C, F Gerón X (1984) Mejoramiento Genéticos de Variedades Tropicales de Maíz. Proyecto PCAFBNA-001436. Informe Técnico No. 7. Colegio de Postgraduados. 12 p.

Las decisiones críticas requeridas para tener éxito con el germoplasma mejorado vía selección recurrente son: la población base a escoger, el tipo de progenies desarrolladas, lo extenso de la evaluación, el tamaño efectivo de la población, el método de recombinación de las progenies seleccionadas, y el uso eficiente de las estaciones de crecimiento en cada fase del programa. El haber tomado las decisiones apropiadas en las etapas anteriores no es garantía para obtener una respuesta favorable a la selección, ya que el éxito final podría ser opacado, ya sea porque los alelos favorables estuvieron ausentes o en frecuencia baja (Hallauer *et al.*, 1988).

Sprague y Eberhart (1977), Hallauer y Miranda (1981), y Hallauer *et al.* (1988) presentaron resultados de la respuesta a la selección en maíz obtenidos por diferentes métodos de selección para rendimiento de grano. En la mayoría de los métodos de selección recurrente aplicados, la respuesta promedio a la selección osciló de 2 a 4 % por ciclo; los mismos autores enfatizan que la selección recurrente conducida apropiadamente puede incrementar en forma efectiva la frecuencia de alelos favorables para rendimiento de grano. Por tanto, la elección del método de selección y la población escogida contribuyen a lograr la meta general del mejoramiento genético en plantas, que consiste en obtener respuesta a la selección.

El objetivo del presente estudio fue estimar la respuesta a la selección familiar combinada alternante en tres poblaciones tropicales de maíz, y analizar su comportamiento en los ciclos agrícolas de primavera-verano y de otoño-invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético básico de este estudio lo constituyeron las poblaciones siguientes:

Población 1 (P1). Tuxpeño planta baja. Es un compuesto del 17° ciclo de selección de familias de hermanos completos para planta baja y alto rendimiento, es de grano blanco dentado y ciclo precoz, que fue obtenida por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1982).

Población 2 (P2). Mezcla Tropical Blanca. Es un compuesto de selección de familias de hermanos completos para planta baja y alto rendimiento, tardío, de grano cremoso semidentado. Está integrado por: Tuxpeño, ETO blanco, Antigua Gpo. 2 selección blanca, híbridos Pfister, Compuesto Centro Americano, líneas de El Salvador, V520C, Nicarrillo selección blanco y 13 familias del Pool Tropical tardío blanco. Fue obtenida por el CIMMYT (CIMMYT, 1982).

Población 3 (P3). La Posta. Es un compuesto de selección de familias de hermanos completos de colecciones de tuxpeño seleccionados para alto rendimiento; es de altura intermedia, ciclo intermedio y grano blanco dentado; fue formada por el CIMMYT (CIMMYT, 1982).

El proceso de selección de las tres poblaciones se inició en el ciclo O-I 1981-1982 (que en lo sucesivo se denominará como A), en el Programa de Mejoramiento Genético de Variedades Tropicales de Maíz del CRECIDATH-CP (Centro Regional de Capacitación Investigación y Desarrollo Agropecuario del Trópico Húmedo), hoy Campus Veracruz, mediante la aplicación de la metodología de selección familiar combinada alternante (SFCA). Esta metodología combina alternadamente un ciclo de selección familiar de progenies autofecundadas, con otro de selección modificada de mazorca por surco. Un ciclo de selección requiere de dos ciclos agrícolas. En el primer ciclo agrícola (A) se evalúan 300 familias de medios hermanos en tres o cuatro localidades; en una de ellas (campo experimental), se autofecundan todas las plantas con competencia completa de cada familia; se aplica una presión de selección entre familias de 20 y de 25 % dentro de las familias seleccionadas, para dar una presión de selección combinada de 0.05. La presión de selección interfamiliar permite seleccionar las 60 familias superiores en rendimiento, y la intrafamiliar a las cinco plantas con mayor rendimiento entre las 20 plantas de cada familia seleccionada. La selección combinada produce 300 plantas seleccionadas cuyas mazorcas autofecundadas representan 300 familias de autohermanos o líneas S_1 .

En el segundo ciclo agrícola primavera-verano (B), las 300 líneas son evaluadas en ensayos de rendimiento en tres o cuatro localidades; en una de ellas (campo experimental), se siembran las 300 líneas S_1 en un lote aislado, e intercalando cada cinco líneas a un surco con un compuesto balanceado de semilla de las 300 líneas S_1 ; posteriormente las familias se desespigan para que sean polinizadas por el compuesto balanceado. Se aplica una presión de selección de 20 % entre líneas S_1 y de 25 % dentro de las líneas S_1 seleccionadas. La selección combinada produce 300 plantas seleccionadas que constituyen 300 familias de medios hermanos, a partir de las cuales se inicia el segundo ciclo de selección familiar de progenies autofecundadas.

El compuesto balanceado de semilla de las mazorcas de las cinco plantas seleccionadas en cada una de las 60 familias superiores, constituye el compuesto de primer ciclo de selección familiar combinada alternante (SFCA C_1), cuya recombinación se hace mediante cruza fraternales (Molina, 1988, 1992). En las tres poblaciones seleccionadas se utilizaron los mismos criterios de selección y ambientes de evaluación.

De las tres poblaciones mencionadas se evaluaron los compuestos de selección siguientes:

Población 1 (P1). Compuestos de selección familiar combinada alternante, del ciclo 0 al ciclo 5 (P1C₀, P1C₂, ..., P1C₅).

Población 2 (P2). Compuestos de selección familiar combinada alternante, del ciclo 0 al ciclo 6 (P2C₀, P2C₂, ..., P2C₆).

Población 3 (P3). Compuestos de selección familiar combinada alternante, del ciclo 0 al ciclo 6 (P3C₀, P3C₁, ..., P3C₆).

En la evaluación de los compuestos seleccionados se utilizó la semilla después de un ciclo de recombinación. Además en la evaluación se incluyeron como testigos a la variedad V-524 y a los híbridos H-507, H-509, H-510 y H-511, para un total de 25 variedades.

Los ensayos de rendimiento se establecieron en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. El tamaño de parcela fue de dos surcos de 4.4 m y 5.0 m de largo (las diferencias en la longitud del surco se debieron a ajustes metodológicos), con una separación entre surcos de 0.80 m y entre matas (de dos plantas) de 0.40 m, para dar una densidad de población aproximada de 50 mil plantas por hectárea.

Las localidades de prueba, ubicadas en el Estado de Veracruz, se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ciclo agrícola y localidades de evaluación, y sus características climáticas (García, 1973).

Localidad	Año	Clasificación climática	Altitud (m)
Ciclo A Otoño-Invierno			
Tepetates	88	Aw ^o (w) (e) g	45
Tuxpan	88	Aw ² (e)	14
Martínez de la Torre	89	Af(m) (e)	152
Tepetates	89	Aw ^o (w) (e) g	45
Tuxpan	89	Aw ² (e)	14
Tepetates	90	Aw ^o (w) (e) g	45
Ciclo B Primavera-Verano			
Paso San Juan	88	Aw ^o (w) (e) g	45
Tepetates	89	Aw ^o (w) (e) g	45
Paso San Juan	90	Aw ^o (w) (e) g	45
Cosamaloapan	90	Aw ² (e) g	65
Santiago Tuxtla	90	Am(i') g	287

Con excepción de Tepetates (Cuadro 1), los lotes de evaluación se ubicaron en terrenos de agricultores cooperantes y el manejo del cultivo fue el de cada agricultor. En el ciclo A, en las localidades de Tuxpan y Martínez de la Torre, los experimentos fueron conducidos bajo condiciones de lluvia invernal (Tolnamil), y con riego en Tepeta-

tes. En el ciclo B, todos los experimentos se condujeron en condiciones de temporal. La dosis de fertilización aplicada fue 80N-0P-0K.

El principal carácter bajo estudio fue rendimiento de mazorca por hectárea ajustado a 12 % de humedad; en adición, se tomaron datos de floración masculina y altura de planta. Se hicieron análisis de varianza combinados dentro y entre ciclos de cultivo. El rendimiento de mazorca se ajustó por la técnica estadística de covarianza. El avance genético por ciclo de selección se estimó con base en el coeficiente de regresión lineal de las medias fenotípicas y el número de ciclos de selección, expresando el coeficiente de regresión en porcentaje del comportamiento promedio de la variedad original (Molina, 1992). En las tres poblaciones se realizaron análisis de regresión por ciclo agrícola y combinando los dos ciclos agrícolas.

RESULTADOS

En el análisis de varianza combinado del ciclo A para rendimiento de mazorca hubo diferencias significativas para variedades (Cuadro 2), ya que el rendimiento medio observado de las variedades evaluadas varió de 4220 a 5983 kg ha⁻¹ (Cuadro 5). Las variedades testigo y los compuestos de selección con más alto rendimiento fueron: P2 C₆, P2 C₃, P3 C₆, H-511 y P2 C₅. En la fuente de variación, ambientes, hubo significancia estadística y el rango de variación observado fue 3500 Kg de mazorca ha⁻¹ aproximadamente (datos no mostrados). La interacción variedad x ambiente fue significativa, indicando la inconsistencia en el comportamiento de las variedades evaluadas (Fehr, 1987), a través de los ciclos A.

Cuadro 2. Análisis de varianza (cuadrados medios (CM) y grados de libertad (GL)) para rendimiento de mazorca por hectárea (REND), días a floración masculina (FM) y altura de planta (AP) de variedades tropicales de maíz (análisis combinado, ciclo A)

FV	REND		FM		AP	
	GL	CM	GL	CM	GL	CM
AMBS	5	178291452**	3	15.59	2	3684.3
REP(AMB)	18	1041438	12	6.95	9	1437.6
VARs	24	5256423**	24	23.41**	24	3898.3**
VxA	120	1100310**	72	2.77*	48	155.5*
NPLA	1	44309185**				
ERROR	431	439278	288	1.16		98.5
TOTAL	599		399		299	
CV (%)		12.78		1.40		4.6
R ²		0.89		0.99		0.8

NPLA = ajustado por número de plantas, mediante covarianza.

*,** significativos a los niveles de 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

En el análisis de varianza combinado del ciclo B para rendimiento de mazorca hubo significancia estadística para

ambientes (Cuadro 3), los cuales tuvieron un rango de variación de 3000 kg ha⁻¹, aproximadamente (datos no mostrados). Además, hubo diferencias estadísticas entre variedades, cuyos rendimientos de mazorca variaron de 3457 a 4772 kg ha⁻¹ (Cuadro 5), donde destacó la variedad P2 C₆ como superior. Asimismo hubo diferencias estadísticas para la interacción variedad por ambiente.

Cuadro 3. Análisis de varianza (cuadrados medios (CM) y grados de libertad (GL)) para rendimiento de mazorca por hectárea (REND), días a floración masculina (FM) y altura de planta (AP) de variedades tropicales de maíz (análisis combinado, ciclo B).

FV	REND		FM		AP
	GL	CM	GL	CM	
AMBS	5	106270327**	3	280.47**	116050**
REP(AMB)	18	2042923	12	4.14	685
VARS	24	2429709**	24	20.39**	5532**
VxA	120	731049**	72	2.76**	275**
NPLA	1	158151810**			
ERRPR	431	282501	288	1.36	131
TOTAL	599		399		
CV (%)		13.34		1.98	5.16
R ²		0.93		0.80	0.93

NPLA = ajustado por número de plantas mediante covarianza.

*, ** significativos a los niveles de 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

En el análisis de varianza combinado entre los ciclos agrícolas (Cuadro 4), hubo efectos significativos en ambientes y ciclos A y B, con una diferencia en rendimiento de mazorca de 1200 kg ha⁻¹ en favor del ciclo A (datos no mostrados). La interacción ciclo por ambiente también fue significativa. Entre variedades hubo diferencias significativas, observándose que el rendimiento medio obtenido varió de 3834 a 5377 kg ha⁻¹ (Cuadro 5), y las variedades estadísticamente superiores fueron los sintéticos seleccionados P2 C₆ y P2 C₅. La interacción variedad por ciclo fue significativa, y las variedades que más contribuyeron en la interacción fueron P1 C₂, P3 C₁, P3 C₄, P3 C₆ y H-511 (Cuadro 5). También hubo significancia estadística en la interacción variedad por ambiente y en la triple interacción variedad por ciclo por ambiente.

En el análisis de varianza para floración masculina en el ciclo A (Cuadro 2), no hubo diferencias estadísticas entre ambientes, a pesar de que hubo una amplitud de 26 días entre los ambientes de mayor y menor expresión de días a floración (datos no mostrados); hubo diferencia estadísticas entre las variedades, y el promedio en el número de días a floración osciló entre 75 y 80 días; asimismo, la interacción variedad por ambiente fue significativa.

Cuadro 4. Análisis de varianza (cuadrados medios (CM) y grados de libertad (GL)) para rendimiento de mazorca por hectárea (REND) (análisis combinando de los ciclos A y B).

FV	GL	CM
AMBIENTES	5	204097221**
CICLOS AGRÍCOLAS	1	88916896**
AMB x CICLO AGRÍCOLA	5	69600090**
REP(AMB x CICLO)	36	1697695
VARS	24	6966810**
VAR x CICLO	24	968717**
VAR x AMB	120	958026**
VAR x CICLO x AMB	120	843032**
NPLA	1	190261116**
ERROR	863	374608
TOTAL	1199	
CV (%)		13.37
R ²		0.92

NPLA = ajustado por número de plantas, mediante covarianza.

*, ** Significativos a los niveles de 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 5. Medias de rendimiento de mazorca por hectárea (REND), días a floración masculina (FM) y altura de Planta (AP), de variedades tropicales de maíz. Promedio de seis localidades. 1988-1990.

Variedad	REND			FM		AP	
	Ciclo A	Ciclo B	Comb. A-B	Ciclo A	Ciclo B	Ciclo A	Ciclo B
P1 Co	4212	3457	3834	76	59	187	191
C ₁	4750	3644	4197	75	57	192	197
C ₂	5156	3589	4372	76	58	190	204
C ₃	5103	3921	4512	76	59	195	203
C ₄	5219	3972	4595	76	59	203	211
C ₅	5577	4012	4794	76	58	204	212
P2 Co	4679	3603	4141	75	58	197	203
C ₁	5359	3945	4652	76	58	205	212
C ₂	5371	3968	4669	76	57	210	212
C ₃	5848a	4431	5139a	77	58	212	224
C ₄	5219	3956	4587	77	60	212	213
C ₅	5669a	4328	4998	76	59	207	216
C ₆	5983a	4772a	5377a	76	58	214	227
P3 Co	4691	3563	4127	77	59	218	227
C ₁	5027	3638	4332	77	58	220	227
C ₂	5259	3840	4549	77	59	222	231
C ₃	5287	4005	4646	77	59	227	234
C ₄	5106	4080	4593	77	60	226	241
C ₅	5477	4312	4894	77	59	227	242
C ₆	5742a	4246	4994	78	59	233	244
V-524	4711	3857	4284	75	57	202	211
H-507	5372	4284	4828	79a	61a	238	252a
H-509	4120	3567	3843	77	60	180	202
H-510	5017	4173	4595	80a	62a	252a	255a
H-511	5740a	4085	4912	79a	61a	241	257a
\bar{X} Testigos	4992	3993	4492				
\bar{X} General	5188	3970	4579	77	59	213	222
DMS 0.05	375	301	245	1	1	8	8

1: Promedios indicados con la letra a son estadísticamente iguales y corresponden al grupo de mayor expresión del carácter.

En el análisis de varianza de días a floración masculina en el ciclo B (Cuadro 3), hubo significancia estadística para ambientes, no obstante que sólo se observó una

diferencia de cuatro días entre el ambiente de menor y mayor expresión del carácter (datos no mostrados); además, hubo significancia estadística para variedades, cuyos valores oscilaron entre 57 y 62 días. También hubo significancia estadística para la interacción variedad por ambiente.

Para la variable altura de planta, en el ciclo A (Cuadro 2) no hubo efecto estadístico de los ambientes, no obstante la diferencia de 11 cm entre el ambiente de menor y el de mayor expresión (datos no mostrados). Hubo significancia estadística entre variedades, cuyos valores medios de altura de planta oscilaron de 180 a 252 cm ; la interacción variedad por ambiente también fue significativa.

En el análisis de varianza para altura de planta del ciclo B (Cuadro 3), hubo significancia estadística para ambientes, con una diferencia de 82 cm entre el ambiente de menor y el de mayor expresión (datos no mostrados). Entre variedades hubo significancia estadística y el rango observado fue de 191 a 257 cm en las variedades evaluadas; además, hubo significancia estadística en la interacción variedad por ambiente.

La respuesta a la selección en rendimiento de mazorca en la Población 1 (P1) fue de 5.5 y 3.4 % por ciclo de selección en los ciclos agrícolas A y B, respectivamente, y de 4.6 % al combinar los ciclos A y B (Cuadro 6). En la Población 2 (P2) la respuesta en los ciclos A y B fue de 3.5 y 4.2 % por ciclo , respectivamente y de 3.6 % para el combinado A-B. La respuesta en la Población 3 (P3) en los ciclos agrícolas A-B fue 2.96 y 3.6 % por ciclo respectivamente, y de 3.3 % para el combinado A-B (Cuadro 6). Nótese que en las tres poblaciones, cuando se combinaron los dos ciclos agrícolas A-B la respuesta a la selección se comportó como el promedio de los dos ciclos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Respuesta lineal a la selección (bi) para los ciclos A y B y combinando A-B, para rendimiento de mazorca, floración masculina y altura de planta.

Carácter	Ciclo A bi	Ciclo B bi	Combinado (A-B) bi
Rendimiento			
P1	5.5**	3.4**	4.6**
P2	3.5*	4.2*	3.6*
P3	2.96**	3.6*	3.3**
Floración masculina			
P1	0.09	0.10	
P2	0.33	0.30	
P3	0.14	0.18	
Altura de planta			
P1	1.88**	2.19**	
P2	1.03*	1.42*	
P3	1.04**	1.43**	

*, ** Significativos a los niveles de 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Al comparar los sintéticos seleccionados de las tres poblaciones con los testigos, se encontró que el rendimiento de mazorca de los ciclos avanzados de los sintéticos fue superior al promedio de los testigos; incluso los sintéticos P2 C₆, P2 C₃ y P3 C₆, superaron numéricamente en rendimiento al mejor testigo H-511 (Cuadro 5).

DISCUSIÓN

La respuesta promedio por ciclo de selección de las tres poblaciones para los ciclos A, B y el combinado A-B, está dentro de la variación generalizada de respuestas a la selección, informada por Hallauer *et al.* (1988), quienes señalaron que la respuesta promedio a la selección en rendimiento de grano oscila de 2 a 4 % por ciclo de selección, en la mayoría de los métodos de selección recurrente.

Al considerar la respuesta lineal a la selección por rendimiento en las tres poblaciones, en los ciclos agrícolas A y B se detectó una respuesta diferencial en las tres poblaciones; en el ciclo A la Población 1 tuvo la mayor respuesta seguida de las Poblaciones 2 y 3, respectivamente; en el ciclo agrícola B la Población 2 tuvo la mayor respuesta, seguida de las Poblaciones 3 y 1 (Cuadro 6), a pesar de que las tres poblaciones se sometieron al mismo proceso de evaluación, selección y recombinación de familias seleccionadas. Por otra parte, la respuesta a la selección en el análisis combinado de los ciclos agrícolas A y B fue superior en la Población 1, seguida de las Poblaciones 2 y 3 (Cuadro 6).

En estudios realizados para medir la respuesta a la selección en diferentes ambientes, Vargas *et al.* (1982) informaron de respuestas diferenciales en riego y temporal, del orden de 4.1 y 2.0 %, respectivamente. Asimismo, Arboleda (1975) realizó selección masal en una misma población bajo tres condiciones ambientales, en la estación lluviosa, la estación seca y selección continua en las dos estaciones; cuando midió la respuesta a la selección en las tres modalidades, encontró que la respuesta fue mayor en el ciclo A, que fue el ambiente más favorable, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este estudio en la Población P1, ya que las Poblaciones 2 y 3 tuvieron una mayor respuesta en ciclo B, que pudiera clasificarse como un ambiente menos favorable.

La selección en semestres continuos se asemeja a la selección familiar combinada alternante referida en este estudio, que utiliza dos ciclos agrícolas continuos (A y B), con la respectiva alternación de metodologías; las características genéticas propias de cada población bajo selección, y los ambientes de cada ciclo agrícola causaron un efecto de interacción genotipo x ambiente en las poblaciones estudiadas (Cuadros 2, 3 y 4).

La selección para rendimiento de mazorca tuvo efecto indirecto negativo al incrementar el número de días a floración masculina, debido a que los compuestos seleccionados de los ciclos más avanzados fueron ligeramente más tardíos; este efecto fue más acentuado en P2, cuya respuesta fue relativamente mayor que en las otras dos poblaciones, en ambos ciclos agrícolas. Al igual que en el caso del rendimiento, en dos de las tres poblaciones la respuesta a la selección fue ligeramente mayor en el ciclo B que en el A (Cuadro 6). También como resultado de la selección para rendimiento, se tuvo un efecto indirecto en la altura de planta, debido a que se incrementó significativamente en las tres poblaciones, sobre todo en la Población 1 (Cuadro 6).

Con respecto a la respuesta positiva a la selección en rendimiento, sin medir el impacto de cada uno de los elementos señalados por Hallauer *et al.* (1988) (población base, progenies desarrolladas, evaluación de progenies, tamaño de muestra, método de recombinación, uso de las estaciones de crecimiento etc.), se puede afirmar que en las poblaciones seleccionadas en este estudio, existen genes favorables para incrementar el rendimiento de mazorca. Asimismo, la aplicación de la metodología de selección fue efectiva para obtener la respuesta a la selección en la dirección deseada. Con base en los coeficientes de determinación de los análisis combinados de rendimiento para los ciclos agrícolas A, B y el combinado A-B, se consideró que la información obtenida es confiable (Cuadros 2, 3 y 4).

La importancia de la presente investigación radica, de acuerdo con el análisis de la información obtenida a través de ambientes, ciclos y años, así como del comportamiento observado de los genotipos evaluados (Cuadro 5), en que se pueden recomendar para ser utilizados en siembras comerciales en el Trópico Húmedo de México, a los compuestos de selección P1 C₅, P2 C₆ y P3 C₆, y así acortar la brecha que en cuanto al uso de variedades mejoradas (Turrent, 1990).

CONCLUSIONES

El método de selección familiar combinado alternante fue efectivo para incrementar el rendimiento en las tres

poblaciones seleccionadas. Los sintéticos seleccionados de mayor rendimiento fueron la Población 2 C₆ y la Población 2 C₃.

La mayor respuesta promedio a la selección en rendimiento de mazorca en los dos ciclos de prueba se obtuvo en la Población 1, seguida de las Poblaciones 2 y 3. En el ciclo A, la mayor respuesta a la selección para rendimiento de mazorca se obtuvo en la Población 1.

Hubo interacción en la respuesta a la selección en los ciclos agrícolas A y B, y en las tres poblaciones seleccionadas; en el ciclo agrícola A la mayor respuesta se obtuvo en la Población 1, seguida de las Poblaciones 2 y 3, mientras que en el ciclo agrícola B la mayor respuesta se obtuvo en la Población 2.

BIBLIOGRAFÍA

- Arboleda R F (1975) Interacción genotipo-ambiente : selección masal en diferentes ambientes. Informativo del Maíz. Número extraordinario 1:10-14.
- SAGAR (2000) Centro de Estadística Agropecuaria (CEA). (Avance de Siembras y Cosechas Primavera-Verano 2000. Resumen Nacional por Cultivos.
- CIMMYT (1982) CIMMYT'S Maize Program: an Overview. 146 p.
- Fehr W R (1987) Principles of Cultivar Development. Theory and Techniques. Vol. I. McMillan Pub. Co. NY. pp: 247-258.
- García E (1973) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México 246 p.
- Hallauer A R, J B Miranda Fo (1981) Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State Univ. Press. Ames, IA. USA. pp: 205-265.
- Hallauer A R, W A Russell, K R Lamkey (1988) Corn Breeding. In: Sprague G F, J W Dudley (eds). Corn and Corn Improvement. Agronomy 18 3th Ed. American Society of Agronomy. Madison, WI. USA. pp: 463-564
- Molina G J D (1988) Selección familiar combinada alternante. Agrociencia 74: 65-71.
- Molina G J D (1992) Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa. AGT. México. pp: 287-301.
- Rodríguez V J (1990) México y su Agricultura. Colegio de Postgraduados. 136 p.
- Sprague G F, SA Eberhart (1977) Corn Breeding. In: G F Sprague (ed). Corn and Corn Improvement. Agronomy 18 2nd Ed. Amer. Soc. Agron. Madison WI. USA. pp: 305 - 363
- Turrent F, A (1990) La fertilización del maíz en México. In: El maíz en la Década de los 90. Zapopan, Jal. México. pp: 91-99.
- Vargas S J E, J D Molina G, T Cervantes S (1982) Selección masal y parámetros genéticos en la variedad de maíz Zac-58. Agrociencia 48: 93-105.