

COMPARACION DE DOS METODOS DE SELECCION RECURRENTE EN MAIZ

Ramón A. Castillo González¹, Guillermo Aguilar Castillo¹ y
Eleuterio López Pérez²

RESUMEN

Con la finalidad de comparar la ganancia genética para rendimiento de grano obtenido al aplicar dos metodologías de selección recurrente en un maíz (*Zea mays* L.) criollo Xnuc-Nal, durante 1983 y 1984 se evaluaron las siguientes variedades: original (C₀) y los ciclos SMC₃, SMC₄, SFC₁ y SFC₂; SMC₃ y SMC₄ fueron obtenidos por selección masal y SFC₁ y SFC₂ por selección mazorca por surco modificada. La evaluación se realizó en tres ambientes por año en la Península de Yucatán, bajo condiciones del sistema de producción roza-tumba-quema o "milpa". Se encontraron diferencias significativas entre el rendimiento de los ciclos de selección y diferencias altamente significativas en la interacción variedad por localidad. Con la selección masal no se obtuvo ganancia en el rendimiento de grano después de cuatro ciclos de selección con un coeficiente de regresión de $b=5.61$ kg/ha/ciclo. Con la selección mazorca por surco modificada se obtuvo una ganancia en el rendimiento de grano del 7.2% por cada ciclo de selección, siendo el coeficiente de regresión de $b=128.54$ kg/ha/ciclo. Lo anterior indica que para las condiciones locales de suelo pedregoso, la selección mazorca por surco modificada es la más apropiada para continuar con el mejoramiento genético del maíz criollo.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L., mejoramiento intrapoblacional, selección masal, selección mazorca por surco modificada, roza-tumba-quema, Xnuc-Nal.

SUMMARY

Aiming to compare the genetic gains for yield when applying two methods of recurrent selection on an indigenous maize (*Zea mays* L.) called Xnuc-Nal, during 1983 and 1984 the following maize varieties were evaluated: Original variety (C₀) and the cycles SMC₃, SMC₄, SFC₁ and SFC₂; SMC₃ and SMC₄ were obtained by mass selection and SFC₁ and SFC₂ by modified ear to row selection. The evaluation was carried out in the Yucatán Peninsula of México under three environmental conditions per year under slash and burn type of agriculture. The statistical analysis showed significant differences for yield among selection cycles and highly significant differences for the varieties by environment interaction. No gains in grain yield was obtained after four selection cycles of mass selection with a coefficient of regression of 5.61 kg/ha/cycle whereas with modified ear to row selection a 7.2% yield increase was obtained per each selection cycle with a regression coefficient of 128.54 kg/ha/cycle. The foregoing indicates that for the karstic stony environmental local conditions, the modified ear to row selection might be the best alternative to continue with the genetic improvement of indigenous maize.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L., intrapopulation selection, mass selection, modified ear to row selection, slash and burn cultivation, Xnuc-Nal.

INTRODUCCION

En la Península de Yucatán, aproximadamente en el 75 por ciento de la superficie cultivada con maíz se aplica la tecnología de roza-tumba-quema, la cual ha sido la más apropiada para la explotación de los suelos pedregosos en esta región del sureste

¹ Investigadores, INIFAP. Programa de Maíz. CIFAP-Yucatán. Campo Experimental de Uxmal.

² Profesor. UAAAN. Departamento de Fitomejoramiento. Saltillo, Coahuila.

de México. A este sistema de producción se le denomina "Milpa" y se caracteriza por tener como eje al cultivo de maíz y una o más especies en asociación, donde son comunes el frijol ib (*Phaseolus lunatus* L.) y la calabaza (*Cucurbita* spp.).

Las variedades de maíz usadas son las criollas de grano cristalino amarillo y blanco. Localmente, a estos maíces se les ha denominado con nombres en lengua maya que refieren el ciclo vegetativo de la variedad y ocasionalmente otras características como la forma y el color del grano.

Las investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) en la Península de Yucatán, indican que los maíces mejorados de otras regiones del trópico de México no se adaptan al manejo del sistema roza-tumba-quema; en consecuencia, surge en 1978 la necesidad de implementar un programa de mejoramiento genético en los maíces locales, los cuales tienen la ventaja de estar adaptados a las condiciones de clima, suelo y manejo del campesino; sin embargo, su mayor ventaja son los bajos rendimientos de grano.

El ambiente físico de este sistema de producción es también desventajoso para practicar el mejoramiento genético porque dificulta la selección de genotipos superiores de maíz con la simple observación del fenotipo, debido principalmente a la heterogeneidad de los suelos y sus efectos enmascaradores. Bajo estas circunstancias, si se quiere tener mayor efectividad en la selección se debe buscar la separación del efecto ambiental del genético al aumentar el número de repeticiones, localidades y años de evaluación. De esta forma, también se incrementa la precisión en la estimación de la heredabilidad del carácter sujeto a

selección y en consecuencia, las probabilidades de seleccionar genotipos superiores en base a su valor fenotípico.

Por lo tanto, el definir la metodología de selección más apropiada para el mejoramiento de los maíces criollos locales es de vital importancia para que el fitomejorador pueda maximizar la ganancia genética.

El objetivo del presente trabajo fue comparar la ganancia genética para rendimiento de grano obtenida mediante la aplicación de dos métodos de selección recurrente: masal y mazorca por surco modificada.

REVISION DE LITERATURA

Selección masal

Sprague y Eberhart (1977) indicaron que la selección masal había tenido poco éxito para mejorar caracteres cuantitativos debido principalmente a tres causas:

a) Los efectos enmascaradores de la heterogeneidad del suelo que no permitían seleccionar a los mejores genotipos; b) falta de aislamiento del lote de selección, de tal forma que las plantas seleccionadas eran polinizadas por plantas superiores e inferiores en forma aleatoria, y c) demasiada importancia a los caracteres morfológicos al hacer la selección (longitud de mazorca, número de hileras, uniformidad, etc.).

Gardner (1961), al considerar las deficiencias del método, propone y utiliza la estratificación del lote de selección, así como la cosecha exclusiva de plantas con competencia completa como una medida para controlar la componente ambiental del valor fenotípico generada principalmente por la heterogeneidad del suelo.

Angeles (1961) y Hallauer y Miranda (1981) añaden que para obtener progresos con la selección masal es indispensable la presencia de variabilidad genética aditiva del carácter por seleccionar, pues ésta refleja el grado en que se reproducirán las características de los padres seleccionados en la progenie.

La modalidad convergente-divergente de la selección masal fue propuesta por Lonquist (citado por Estrada, 1977). Consiste en sembrar en una localidad central un compuesto balanceado que se deja recombinar por lo menos una generación; la población resultante se divide en subpoblaciones de acuerdo al número de localidades de divergencia, las cuales se sembrarán en lotes aislados para aplicar selección masal. La presión de selección deberá ser igual para todas las localidades; a la cosecha se forma un compuesto balanceado por localidad para sembrarse de nuevo en el siguiente ciclo en la localidad central. La ocurrencia de una vuelta completa de convergencia-divergencia constituye un ciclo de selección masal.

Se han consignado diferentes resultados obtenidos por la aplicación de la selección masal. Gardner (1961), al aplicar la selección masal para rendimiento con las modificaciones que él sugirió en la población de maíz "Hays Golden" durante cinco ciclos, obtuvo una ganancia promedio por generación de 3.93%.

Hallauer y Sears (1969), al evaluar seis ciclos de selección masal en la variedad "Krug" y cinco ciclos en "Iowa Ideal", no obtuvieron progresos significativos en el mejoramiento del rendimiento. Sin embargo, señalaron que se notó una ganancia del 3% en la variedad "Krug", después de seis ciclos

de selección y de un 5% de ganancia en "Iowa Ideal" después de tres ciclos de selección, con una reducción del rendimiento en el quinto ciclo.

Cortez y Hallauer (1979), después de diez ciclos de selección masal para incrementar la longitud de mazorca en la población "Iowa Long Ear Synthetic" (BSLE), observaron un incremento de 0.32 cm por ciclo de selección.

Selección mazorca por surco modificada

Lonquist (1964) propuso una modificación al esquema de mejoramiento mazorca por surco; consiste en evaluar a las familias de medios hermanos en varias localidades para determinar la selección entre familias y sembrar un lote de desespigamiento en el mismo año para practicar la selección dentro de familias. De esta forma, se completa un ciclo de selección por año. El mismo Lonquist (1965) indicó que las principales ventajas de la selección mazorca por surco sobre la selección masal son: a) la prueba de progenies y b) minimiza el efecto de la interacción genotipo x medio ambiente al evaluar familias en repeticiones y localidades.

Por otra parte, Compton y Comstock (1976) propusieron que la selección mazorca por surco modificada se realice en dos estaciones de crecimiento, de manera que en la primera se practique la selección entre familias y en la segunda, la selección dentro de familias en un lote de desespigamiento aislado, donde las hembras son las familias seleccionadas en la estación anterior y el macho es un compuesto balanceado de las mismas. De esta forma, se duplica la respuesta esperada en la selección dentro de familias.

Webel y Lonquist (1967), después de cuatro ciclos de selección mazorca por surco modificada para rendimiento en la variedad de maíz "Hays Golden", obtuvieron una ganancia de 9.44% por ciclo de selección.

Con el mismo material, pero con diez ciclos de selección, Compton y Bahadur (1977) indicaron que el rendimiento de grano se incrementó desde el primero al décimo ciclo de selección; sin embargo, a partir del séptimo ciclo observaron una respuesta curvilínea, la que explicaron como resultado del cambio de los criterios de selección, pues utilizaron un índice de selección que involucró al rendimiento de grano, acame de tallo y mazorcas caídas. Estos autores señalaron que el coeficiente de regresión lineal equivalía al 5.26% por ciclo de selección, mientras que la regresión cuadrática no parecía acusar todavía la presencia de un techo genético. La diferencia en la ganancia media por ciclo de este estudio (5.26%) en relación a la que habían obtenido Webel y Lonquist (1967) de 9.44%, se debe, de acuerdo a los autores, al uso del índice de selección.

Paterniani (1967), después de tres ciclos de selección mazorca por surco modificada para rendimiento en la variedad "Paulist Dent", encontró una ganancia de 13.6% por ciclo de selección.

MATERIALES Y METODOS

El material genético utilizado en el presente estudio es un maíz criollo, conocido localmente como Xnuc-Nal, que según Wellhausen *et al.* (1952) corresponde a la descripción de la raza tuxpeño. La población original se colectó en 1978 en la localidad de Xoy, Municipio de Peto, Yucatán. En el ciclo agrícola de otoño-invierno de 1978-1979 se incrementó

la colecta en un lote aislado de polinización libre para iniciar posteriormente con esa semilla, el programa de mejoramiento genético.

Las metodologías empleadas fueron la selección masal propuesta por Gardner (1961), en la modalidad convergente-divergente sugerida por Lonquist (citado por Estrada, 1977) y la selección mazorca por surco modificada propuesta por Lonquist (1964). Con la primera metodología se completaron cuatro ciclos de selección y con la segunda únicamente dos ciclos de selección.

La selección masal se inició en el ciclo agrícola primavera-verano de 1979; la técnica de selección fue como sigue: a) se utilizaron dos localidades de selección para minimizar los efectos de interacción genético-ambiental y una localidad central para la recombinación adicional. La población se dividió en cada ciclo de selección en dos subpoblaciones, las cuales se sembraron en lotes aislados, b) estos lotes contaron con 2500 matas de maíz, compuestas de tres a cuatro plantas cada una, c) se estratificaron en 25 sublotes de 100 matas cada uno, d) dentro de cada sublote se identificaron las mejores 40 matas con competencia completa, e) a la cosecha se seleccionaron las dos matas de mayor rendimiento, lo que significó una presión de selección del 5% con respecto a lo que presentaba competencia completa en cada estrato, f) el Campo Experimental Uxmal se utilizó como localidad central para la recombinación del compuesto balanceado formado con la semilla de las matas selectas en los lotes de selección; de esta forma, se obtuvo la convergencia para completar cada ciclo de selección. La unidad de selección fue la mata de cuatro plantas cada una.

Las localidades que se utilizaron para la selección fueron: en 1979, Muna y Chan-Kom para obtener el primer ciclo de selección (SMC₁); en 1980, Muna y Peto para el segundo ciclo (SMC₂); en 1981 Muna y Yaxcabá para el tercer ciclo (SMC₃), y en 1982 Muna y Xocempich para obtener el cuarto ciclo de selección masal (SMC₄).

La selección mazorca por surco modificada se inició en el ciclo primavera-verano de 1981 a partir de 288 familias de medios hermanos (MH) derivados de la población original Criollo Xnul-Nal. La selección entre familias se realizó en base a los ensayos de rendimiento establecidos en las localidades de Muna y Libre Unión. Se utilizaron dos diseños de látice simple 12 x 12 con una repetición por localidad.

El tamaño de la parcela fue de un surco de 24 plantas distribuidas en seis matas de cuatro plantas cada una. A la cosecha, se seleccionaron las mejores 50 familias de MH en base a sus medias de rendimiento, lo que significó una presión de selección de 17.35%. La selección dentro de las familias se realizó en un lote de desespigamiento donde se sembraron las 288 familias de MH como hembras en mazorca por surco, siendo polinizadas por un compuesto balanceado de las mismas familias. Dentro de las 50 familias seleccionadas a través de localidades, se seleccionaron las mejores cinco plantas, lo que significó una presión de selección de 20.83% y una presión de selección combinada de 3.62% para obtener el primer ciclo de selección (SFC₁).

Con las 250 mazorcas selectas, se constituyó la población para iniciar el segundo ciclo de selección; en el año de 1982 se evaluaron estas progenies en ensayos de rendimiento. Se utilizó un diseño de

látice simple duplicado 16 x 16 en las localidades de Muna y Xocempich. La presión de selección entre familias fue del 20%. La selección dentro de familias se realizó en el lote de desespigamiento como en el ciclo anterior, lo que significó una presión de selección combinada de 4.2% para obtener el segundo ciclo de selección (SFC₂).

La evaluación de los ciclos SMC₃, SMC₄, y SFC₁ y SFC₂, obtenidos por selección masal y mazorca por surco modificada, respectivamente, se realizó durante los años de 1983 y 1984 en seis ambientes de la Península de Yucatán. No se incluyó a los compuestos SMC₁ y SMC₂ por no tener suficiente cantidad de semilla. Se consideraron como testigos de referencia a la variedad original (Co) y el criollo regional Xnul-Nal (testigo).

En 1983 se utilizaron las localidades de Campeche, Camp., Xocempich, Yuc., y Tzucacab, Yuc. En 1984, las localidades de Libre Unión, Yuc., Tzucacab, Yuc., y Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo. En ambos años de evaluación, se utilizó el diseño bloques completos al azar con ocho repeticiones; la parcela experimental fue de 24 matas de cuatro plantas cada una distribuidas en cuatro hileras de seis matas cada una y distanciadas a un metro en ambas direcciones.

Se efectuaron análisis de varianza individuales y un análisis conjunto para todos los ambientes de prueba. Así mismo, se realizó un análisis de regresión lineal para cada método de selección para estimar la ganancia genética por ciclo.

El modelo estadístico para el análisis de varianza combinado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = u + L_k + B_{jk} + T_i + TL_{ik} + E_{ijk}$$

(i = 1, 2....t), t = 6 tratamientos
(j = 1, 2....r), r = 8 repeticiones
(k = 1, 2....l), l = 6 localidades
 $E_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$

Donde:

Y_{ijk} = expresión del *i-ésimo* tratamiento en la *j-ésima* repetición de la *k-ésima* localidad.

u = media general.

L_k = efecto de la *k-ésima* localidad.

B_{jk} = efecto de la *j-ésima* repetición dentro de la *k-ésima* localidad.

T_i = efecto del *i-ésimo* tratamiento.

TL_{ij} = efecto de la interacción del *i-ésimo* tratamiento en la *k-ésima* localidad.

E_{ijk} = efecto aleatorio o error.

Tratamientos y localidades se consideraron de efectos fijos. Se utilizó la prueba de F

para determinar si había diferencia significativa entre los efectos de la fuente de variación correspondiente para juzgar a la hipótesis nula.

$$H_0 : T_1 = T_2 = \dots T_t$$

Para estimar las diferencias entre medias de tratamiento se utilizó la prueba de comparación múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

En los análisis de varianza por localidad para las pruebas de rendimiento de grano realizadas en 1983, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 1); la causa probable pudo ser que la técnica experimental no logró minimizar los efectos confundidos originados por la heterogeneidad de los suelos pedregosos. En

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento de grano (kg/ha) de diferentes compuestos de selección masal y mazorca por surco modificada en una variedad de maíz criollo Xnuc-Nal en seis localidades en la Península de Yucatán.

Fuente de variación	Grados de libertad	1983		
		Campeche	Xocempich	Tzucacab
Repetición	7	1573872.6	283859.9*	527893.76**
Tratamiento	5	589569.64	44320.8	263466.12
Error	35	642449.4	119113.5	143699.09
C.V. (%)		31.6	21.1	18.7
		1984		
		Libre Unión	Tzucacab	F. Carrillo Pto.
Repetición	7	722607.02*	863889.35**	1098893.02**
Tratamiento	5	1949089.46**	518380.62**	597522.52**
Error	35	271254.81	123131.25	115888.12
C.V. (%)		23.3	23.0	28.2

* ** Significativo y altamente significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

las evaluaciones realizadas en 1984, se detectaron diferencias significativas al 1% entre tratamientos; es decir, hubo una mejor diferenciación entre los ciclos de selección, debido quizás al mayor cuidado que se tuvo al establecer los ensayos de rendimiento en el campo. Cabe señalar que en los dos años de prueba los coeficientes de variación fueron en promedio altos; sin embargo, se consideraron aceptables para las condiciones locales de experimentación, ya que el rendimiento es un carácter fuertemente afectado por el ambiente y las condiciones de los suelos pedregosos generan grandes variaciones ambientales.

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de medias de rendimiento de grano; se observa que en 1983, las diferencias entre tratamientos fueron únicamente numéricas. No obstante, el SMC₃ en promedio de las tres localidades, fue superior en un 8.0% al C₀, el SFC₂ en 3.9% y el SFC₁ en un 2.9%. En este año de prueba, el compuesto de SMC₄ fue inferior a la variedad original (C₀) y al criollo testigo.

De los ambientes de prueba utilizados en 1983, únicamente Xocempich fue también localidad de selección en 1982 para obtener el SFC₂ y el SMC₄; por esta razón, era de

Cuadro 2. Comparación de medias de rendimiento (kg/ha) y equivalencia porcentual respecto a C₀ por localidad de los diferentes ciclos de selección masal (SM) y selección mazorca por surco modificada (SF).

Ciclo de selección	1983					
	Campeche		Xocempich		Tzucacab	
	Media ¹	Ganancia ²	Media	Ganancia	Media	Ganancia
SFC ₂	2471.00	98.2	1738.25	105.6	2235.05	109.8
SFC ₁	2669.91	106.1	1636.87	99.5	2074.43	101.9
SMC ₄	2043.80	81.2	1563.43	95.0	1806.00	88.7
SMC ₃	2796.30	111.1	1706.31	103.7	2193.85	107.8
C ₀	2515.94	100.0	1645.68	100.0	2035.00	100.0
Testigo	2725.52	108.3	1518.87	92.3	1821.11	89.5
Ciclo de selección	1984					
	Libre Unión		Tzucacab		F. Carrillo Pto.	
	Media	Ganancia	Media	Ganancia	Media	Ganancia
SFC ₂	2404.05 b	121.9	1841.35 a	130.2	1570.80 a	138.2
SFC ₁	3020.84 a	153.3	1740.07 ab	123.0	1273.01 ab	112.0
SMC ₄	2378.36 b	120.6	1648.77 abc	116.6	1223.17 ab	107.6
SMC ₃	2071.41 bc	105.1	1225.82 d	86.6	1298.55 ab	114.2
C ₀	1970.00 bc	100.0	1443.03 bcd	100.0	1136.43 bc	100.0
Testigo	1563.43 c	79.1	1279.46 cd	90.5	734.63 c	64.6

¹ Medias con la misma letra son iguales estadísticamente al nivel de 0.05 de probabilidad, según la prueba de Duncan.

² Ganancia promedio expresada en porcentaje sobre la variedad original.

esperarse que estos compuestos presentaran los mejores rendimientos ahí; sin embargo, únicamente el compuesto de SFC₂ presentó buena respuesta en esta localidad, siendo numéricamente superior en 56% al C₀; superó también a todos los demás ciclos de selección evaluados.

Es posible que el comportamiento del SMC₄ se deba a que en el proceso del mejoramiento se haya acumulado mayor cantidad de genes para adaptación a un ambiente en específico, a pesar de haberse realizado la recombinación conjunta de la semilla de dos localidades de selección para completar el ciclo de la selección convergente-divergente de acuerdo al esquema de Lonquist (citado por Estrada, 1977), ya que Muna fue una localidad permanente de selección y lo más seguro es que la muestra seleccionada durante cuatro ciclos consecutivos de selección haya condicionado el comportamiento del compuesto (SMC₄).

En 1984 se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos; en promedio de las tres localidades de prueba, el compuesto SFC₂ fue superior al C₀ en 33.4%, el de SMC₃ en 28.6% y el de SFC₁ en 16.1%.

La localidad de Libre Unión fue en este año la que presentó condiciones más favorables para la diferenciación de genotipos. El compuesto SFC₁, formado en 1981 con la información de esa localidad, presentó el mejor rendimiento y fue superior en 53.3% al C₀.

Con excepción de SMC₄ en el año de prueba de 1983, los demás compuestos presentaron ganancias numéricas en el rendimiento de grano en relación a la varie-

riedad original (C₀) durante la prueba, con ganancias significativas solamente para el año de 1984. Si se considera la información de este año, se puede inferir que la selección recurrente fue efectiva para incrementar el rendimiento de grano. De acuerdo a Angeles (1961) y Hallauer y Miranda (1981), la respuesta a la selección ocurre siempre y cuando haya variabilidad genética en la variedad original. En base a la anterior premisa, se puede suponer que de continuar con el mejoramiento genético del maíz criollo en estudio, se esperaría obtener mejor respuesta con la selección mazorca por surco modificada que con la masal, porque la primera se basa en la prueba de progenies, lo que permite mayor precisión en la medición del valor genético de las unidades de selección (Márquez, 1979, 1980). Es conveniente señalar que en la selección practicada estuvo presente un efecto de competencia, pues la unidad de selección fue la mata de cuatro plantas. En trabajos similares, Torregroza (citado por Márquez, 1979) así como Estrada y Venegas (1983) han encontrado ganancias hasta de 19.2% por ciclo de selección respecto a la variedad original.

En el análisis de varianza combinado (Cuadro 3), se encontraron diferencias altamente significativas entre localidades y entre efectos de interacción variedad x localidad, así como diferencias significativas entre variedades. Esto indica que se presentaron grandes diferencias ambientales entre las localidades de evaluación y que las variedades tuvieron un comportamiento diferente en cada localidad; así mismo, la significancia para variedades indica que existen diferencias genéticas importantes entre los ciclos de selección y la variedad original, y que la expresión de estas diferencias varía dependiendo de las condiciones ambientales de evaluación. En

Cuadro 3. Análisis de varianza combinado para rendimiento (kg/ha) de seis compuestos de maíz evaluados en ocho repeticiones y seis localidades de la Península de Yucatán, 1983-1984.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios
Localidades	5	58423490.15	11684698.03**
Rep./Loc.	42	35494589.05	845109.26
Variedades	5	7407944.25	1481588.85*
Var. x Loc.	25	12456449.04	498257.96**
Error	210	49545415.29	235930.55
C. V. (%)			26.26

el Cuadro 4 se observa que SFC_1 fue superior en 15.8% a la variedad original y estadísticamente igual a SFC_2 y SMC_3 ; sin embargo, únicamente SFC_1 y SFC_2 fueron diferentes estadísticamente a la variedad original (C_o). La ganancia en rendimiento fue mayor con la selección mazorca por surco modificada que con la selección masal, ya que el rendimiento de grano es, en general, de baja heredabilidad y con la prueba de progenies se estima con más precisión el valor reproductivo de las unidades de selección, lo que permite modi-

ficar de manera más cierta las frecuencias de alelos favorables.

En los análisis de regresión lineal, para la selección masal se obtuvo una respuesta insignificante a la selección cuando se consideraron las medias a través de las seis localidades de evaluación; el coeficiente de regresión ($b=5.61$) no resultó significativo, lo que indica que no hubo ganancia para rendimiento después de cuatro ciclos de selección masal; resultados similares fueron reportados por Hallauer y Sears (1969).

Cuadro 4. Comparación de medias de rendimiento (kg/ha), combinando años y localidades, de los ciclos de selección evaluados en la Península de Yucatán.

Ciclo de selección	Media ¹	Ganancia/ C_o (%)
SFC_1	2069.1 a	115.8
SFC_2	2043.3 a	114.4
SMC_3	1882.0 ab	105.4
C_o	1786.3 bc	100.0
SMC_4	1777.2 bc	99.5
Testigo	1606.5 c	89.0

¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad, según la prueba de Duncan.

Con respecto a la selección mazorca por surco modificada, con base en el promedio de rendimiento de los seis ambientes de evaluación, el coeficiente de regresión ($b=128.54$) indica que en cada ciclo de selección se logró aumentar el rendimiento en 128.54 kg/ha que representa el 7.2% por ciclo con respecto a la variedad original. No obstante que tal ganancia no fue estadísticamente significativa, se considera que este incremento es apreciable, dadas las condiciones poco favorables del sistema de producción roza-tumba-quema en que se realizó la selección. Esta ganancia en rendimiento es superior a las obtenidas con esta metodología por otros investigadores, como Compton y Bahadur (1977).

Se puede indicar que para la Península de Yucatán, bajo las condiciones del sistema roza-tumba-quema o "milpa", la selección mazorca por surco modificada resultó eficiente y en el futuro se debe tomar en cuenta al planear los programas de mejoramiento genético de maíz, con la correspondiente consideración de otros métodos de selección recurrente que involucren la prueba de progenies como la selección de medios hermanos o de hermanos completos.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

1. La selección mazorca por surco modificada resultó superior a la selección masal.
2. Con la selección mazorca por surco modificada se obtuvo una ganancia de 7.2% por ciclo de selección (128.54 kg/ha).

LITERATURA CITADA

- Angeles A., H. H. 1961. Comentarios sobre la selección masal en el pasado y sus posibilidades en los programas actuales de mejoramiento de maíz. 7a. Reunión Centroamericana. PCCMM. Tegucigalpa, Honduras. pp. 18-21.
- Compton, W. A. and K. Bahadur. 1977. Ten cycles of progress from modified ear-to-row selection in corn. *Crop Sci.* 17: 378-380.
- _____ and R. E. Comstock. 1976. More on modified ear-to-row selection in corn. *Crop Sci.* 16:122.
- Cortez M., H. and A. R. Hallauer. 1979. Divergent mass selection for ear length in maize. *Crop Sci.* 19:175-178.
- Estrada M., A. 1977. Selección masal y selección modificada de mazorca por surco en dos variedades de maíz de la raza Zapalote Chico. Tesis de Maestro en Ciencias, Colegio Superior de Agricultura Tropical, Cárdenas, Tabasco, México. 164 p.
- _____ y O. Venegas R. 1983. Selección masal modificada con la modalidad en "mata" en el mejoramiento genético de maíz. En: Memoria VIII Congreso Nacional de Fitogenética. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez", Uruapan, Mich., México. SOMEFI. pp. 167-174.
- Gardner, C. O. 1961. An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. *Crop Sci.* 1:241-245.
- Hallauer, A. R. and J. B. Miranda Fo. 1981. *Quantitative Genetics in Maize Breeding.* Iowa State Univ. Press. Ames, Io. 468 p.
- _____ and J. H. Sears. 1969. Mass selection for yield in two varieties of maize. *Crop Sci.* 9:47-50.
- Lonnquist, J. H. 1964. A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. *Crop Sci.* 4:227-228.

- _____. 1965. Métodos de selección útiles para el mejoramiento dentro de poblaciones. Traducción al español por M. G. Gutiérrez. *Fitotecnia Latino-americana* 2:1-10. Costa Rica, C. A.
- Márquez S., F. 1979. Proposiciones sobre metodología de investigación en el mejoramiento genético del maíz en sistemas de producción en la Península de Yucatán. *Fitotecnia* 3:13-20.
- _____. 1980. Sistemas de selección combinada, familiar e individual en el mejoramiento genético del maíz. *Fitotecnia* 4:1-52.
- Paterniani, E. 1967. Selection among and within half-sib families in a brazilian population of maize (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 7:212-215.
- Sprague, G. F. and S. A. Eberhart. 1977. Corn breeding, *III: Corn and Corn Improvement*. G. F. Sprague (ed.). Am. Soc. Agron., Inc. Madison, Wisconsin. pp. 305-362.
- Webel, O. D. and J. H. Lonnquist. 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. J. Roberts and E. Hernández X. In collaboration with P. C. Mangelsdorf. 1952. Races of maize in Mexico. The Bussey Institution of Harvard University. U.S.A.