

EVALUACION DEL PROGRESO DE SELECCION MASAL
EN DOS SUB-POBLACIONES DE MAIZ *

Por:

Fernando Arboleda R. y John H. Lonnquist **

RESUMEN

En la Estación Experimental de la Universidad de Nebraska, se llevó a cabo un estudio del progreso de selección masal en dos sub-poblaciones de la variedad de maíz Hays Golden. Los objetivos y resultados fueron:

1. Estimar la ganancia total en rendimiento después de ocho ciclos de selección masal en las dos sub-poblaciones. El octavo ciclo de selección en la sub-población "control" rindió 46% más que la variedad original. El mismo octavo ciclo de la sub-población "irradiada" fue 40% superior a Hays Golden.
2. Estudiar el comportamiento de los cruzamientos entre las generaciones de ciclos con la variedad original. Hubo aumentos progresivos de 6, 17, 18, y 19% sobre la variedad original en el rendimiento de los ciclos 2, 4, 6, y 8 respectivamente, en la sub-población "control". En la sub-población "irradiada" las correspondientes respuestas fueron 8, 4, 20, y 18%.
3. Estudiar el comportamiento y la respuesta heterótica cuando se inter cruzaron los ciclos de ambas sub-poblaciones. Hubo un progreso continuo del rendimiento de 11, 13, 15, y 22% sobre la variedad original para los cruzamientos de ciclos comparables en ambas sub-poblaciones. Sin embargo, no hubo respuesta heterótica en esos cruzamientos.

De los resultados se concluyó que la selección resultó en un aumento de homocigocidad de loci para rendimiento, que se tradujo en más productividad en los cruzamientos entre ciclos y entre éstos con la variedad original, aunque con un efecto heterótico bajo que sugiere que la selección practicada por separado en ambas sub-poblaciones (hasta el octavo ciclo) no resultó en diversidad genética.

SUMMARY

The objectives of the present study were: (a) to estimate the total gain in grain yield through eight cycles of mass selection in two subpopulations of Hays Golden variety; (b) to compare the gains and behavior between these two selected subpopulations; (c) to study the behavior of the crosses of the cycled generations with the original variety and (d) to study the behavior of the heterotic response when the cycled generations in both derived populations are intercrossed.

It was apparent that mass selection was successful in changing the frequency of favorable genes for yield in both subpopulations. This resulted in a substantial increase in their productivity; 4.42 lbs./plot (46%) in the control mass cycle 8, and 3.86 lbs./plot (40%) in the irradiated mass cycle 8 population. As suggested by the highly significant upward linear trend, it was concluded that: (a) no substantial reduction in the additive portion of the genetic variance has occurred; (b) conti-

* Parte de la Tesis de grado de Master of Science, del primer autor. Universidad de Nebraska, Dpto. de Agronomía. Lincoln, Nebraska, E. U. A.

** I. A., Ph. D., Programa de Maíz y Sorgo del ICA (CNIA Palmira) y Profesor de Agronomía, Univ. de Nebraska, respectivamente.

nued progress in grain yield should be expected in further cycles of mass selection.

A comparable overall performance between control mass cycles and irradiated mass cycles was observed, both as populations and in crosses with the original Hays Golden variety.

A low heterotic response was obtained in the cycle intercrosses although an upper linear trend was shown for yielding ability. These results suggest that selection has resulted in an increase in homozygosity at loci affecting yield. This in turn, was translated into more productivity in the intercrosses between more advanced cycles and in a lower heterotic effect. It was con-

cluded that separate selection in both subpopulations (up to the eighth cycle) resulted in no increased genetic diversity.

In general, with increases in yield there was an increase in ear height ($r = .9139^{**}$) in moisture of the grain at harvest ($r = .4428^{**}$), and in flowering date ($r = .6817^{**}$). As expected, moisture in the grain at harvest and flowering date were correlated ($r = .3908^{**}$).

Stalk lodging and dropped ears also increased with increases in yield; this was expected since no selection for these characters was performed and the heavier grain yields increased the degree of stress on the plants.

INTRODUCCION Y REVISION DE LITERATURA

Beal (1880), fue el primero en reportar ganancias heteróticas cuando probó cruzamientos varietales. Más tarde, se reportaron hibridaciones entre líneas endocriadas y el desarrollo de híbridos dobles altamente productivos. El éxito inicial con hibridaciones varietal y entre líneas, y la aparente falla del mejoramiento dentro de poblaciones, fueron la causa de que los mejoradores descontinuaran las selecciones masal y mazorca por surco.

Lonnquist (1949), reportó ganancias en rendimiento, en un programa de selección recurrente. Desde entonces, la atención de los mejoradores tornó de nuevo a la selección dentro de poblaciones. Estudios de poblaciones *per se* de maíz recibieron atención renovada con los resultados de Robinson *et al* (1955) en Carolina del Norte (E.U.A.). Ellos mostraron que en variedades de maíz de libre polinización, no seleccionadas, había suficiente variancia genética aditiva que permitiría aumentar el rendimiento cuando se practicaba selección dentro de ellas. Gardner (1961), fue el primero en reportar una ganancia positiva en rendimiento en la variedad Hays Golden a través de varios ciclos de selección masal.

Se ha encontrado alta heterosis en cruzamientos entre variedades de maíz de amplio rango de diversidad geográfica (Moll, *et al.*, 1962; Paterniani y Lonnquist, 1963), pero variedades extremadamente diversas, geográficamente, han mostrado menor respuesta heterótica (Moll, *et al.*, 1965). También se han encontrado efectos heteróticos en cruzamientos de variedades sintéticas con sus poblaciones originales, y en intercruzamientos entre ciclos en diferentes poblaciones bajo selección recurrente (Sprague, *et al.*, 1959; Lonnquist, 1961; Senanarong, 1964). No hay resultados disponibles de intercruzamientos entre ciclos de selección de poblaciones derivadas de una sola variedad.

Para este estudio se dispuso de dos sub-poblaciones de la variedad Hays Golden que habían sido sometidas a selección masal por rendimiento. Su comportamiento, como poblaciones y en cruzamientos, es la base de esta investigación cuyos objetivos fueron:

- a. Estimar la ganancia total en rendimiento en grano a través de ocho ciclos de selección masal, en dos sub-poblaciones de la variedad de maíz Hays Golden.
- b. Comparar las ganancias y el comportamiento de las dos poblaciones seleccionadas.

- c. Estudiar el comportamiento de los cruzamientos entre ciclos con la variedad original Hays Golden.
- d. Estudiar el comportamiento de la respuesta heterótica cuando las generaciones de ciclos de una población derivada se intercruzaban con los ciclos equivalentes de la otra población.

MATERIALES Y METODOS

Hays Golden es una variedad de maíz de libre polinización adaptada en el Sur y Este central del Estado de Nebraska. Originalmente se obtuvo de la región Sur central del Estado y ha sido mantenida por muchos años en la Estación Experimental de la Universidad de Nebraska.

En 1955 se sacaron dos muestras de la variedad original con el fin de iniciar un programa de selección masal. A una de las muestras se le llamó "control"; la segunda muestra fue irradiada con 1.28×10^{13} neutrones térmicos por cm^2 y se le llamó "irradiada". Ambas muestras fueron plantadas en aislamientos y se le hizo selección masal en la forma descrita por Gardner (1961) con una presión de selección del 10%. La población irradiada mostró un efecto pronunciado de la irradiación en la primera siembra (emergencia tardía, bandas amarillas o blancas en las hojas, etc.). La sub-población irradiada fue re-irradiada en el tercer ciclo con un tratamiento más bajo de 9.64×10^{12} neutrones térmicos por cm^2 .

Al tiempo de iniciar el presente estudio se habían completado ocho ciclos de selección masal en ambas sub-poblaciones "Control" e "Irradiada". En 1964, semilla remanente de los ciclos 2º, 4º, 6º, y 8º de cada sub-población se plantó en un lote de polinización controlada, junto con la variedad original.

Se usaron surcos apareados de 20 metros de largo para producir cruzamientos de las generaciones de ciclos x Hays Golden, así como de los inter-cruzamientos entre ciclos. De cada planta polinizada se sacó igual número de semillas para, por cruzamiento, hacer compuestos para uso futuro en ensayos de rendimiento.

En 1965 se plantó un bloque al azar de 22 variedades en 10 repeticiones. Tamaño de parcelas: un surco de ocho sitios. Sitios separados un metro en cuadro. Se plantaron cinco semillas por sitio y se raleó a tres plantas en cada uno.

Las 22 variedades fueron: dos veces Hays Golden como testigo (HG), cuatro ciclos de selección masal en "control" (C2, C4, C6 y C8), cuatro ciclos de selección masal en "irradiada" (I2, I4, I6 e I8), los ocho ciclos seleccionados masalmente x Hays Golden (C2 x HG, ..., C8 x HG, I2 x HG, ..., I8 x HG), y los intercruzamientos de los 4 ciclos (C2 x I2, C4 x I4, C6 x I6 y C8 x I8).

Se tomaron los siguientes datos: (1) fecha de floración: cuando cerca del 50% de las espigas en cada parcela estaban derramando polen; (2) altura de mazorca: pulgada desde el nivel del suelo hasta el nudo que soportaba

la mazorca superior; (3) tallos volcados: tallos quebrados debajo del nudo que soportaba la mazorca fueron contados y convertidos a porcentaje del número total de plantas; (4) mazorcas caídas: número total de mazorcas en el suelo a la cosecha, en porciento del número total de plantas; (5) porciento de humedad del grano a la cosecha: medido por un determinador eléctrico de humedad de muestras de granos de cada parcela; (6) rendimiento: producción en libras por parcela. Esa producción fue luego corregida por sitios faltantes y ajustada a 15,5% de humedad del grano.

El análisis estadístico para rendimiento se hizo usando el modelo:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

En donde: Y_{ij} = La observación en la parcela de la *iava* variedad en el *javo* bloque.

M = La media general para todas las observaciones.

T_i = El efecto de la *iava* variedad, $i = 1$ hasta t .

B_j = El efecto del *javo* bloque, $j = 1$ hasta b .

E_{ij} = El error al azar de la *iava* variedad en el *javo* bloque, normal e independientemente distribuido con media cero y variancia δ_E^2 .

Variedades y bloques fueron considerados como muestras al azar de poblaciones y bloques, respectivamente. Se hicieron comparaciones ortogonales dentro de los grados de libertad de variedades.

RESULTADOS Y DISCUSION

El resultado de cuatro generaciones seleccionadas masalmente (2, 4, 6 y 8) en las dos sub-poblaciones de Hays Golden ("Control" e "Irradiada"), sus cruzamientos con la variedad Hays Golden y los intercruzamientos entre las dos sub-poblaciones a niveles comparables de selección se han resumido en las Tablas 1 y 2. Las comparaciones ortogonales para rendimiento en grano dentro de los grados libres de variedades son presentados en la Tabla 3.

A. Generaciones de ciclos.

Las diferencias entre las medias en las generaciones de ciclos (4 de "Control" y 4 de "Irradiada") fueron altamente significativas (Tablas 1 y 2). La diferencia de 0,27 lbs./parcela entre el promedio total de los ciclos de "control" e "irradiada" no fue significativa, indicando comportamiento promedio comparable de ambas sub-poblaciones. Las diferencias entre las medias de los ciclos dentro de "control" y dentro de "irradiada" fueron altamente significativas al nivel de $P = 0,01$.

Una ganancia total de 4,42 lbs./parcela (46%) se obtuvo en el octavo ciclo de selección en "control", comparadas con la variedad parental. De igual manera, se alcanzó un aumento de 3,86 lbs./parcela (40%) en el octavo ciclo de "irradiada" (Tabla 1). Las ganancias por ciclo, en porcentaje de la variedad original, en la "control" fueron 5, 21, 22 y 46% para el segundo, cuarto, sexto y octavo ciclos, en relación a Hays Golden.

En la "irradiada" las ganancias respectivas fueron 9, 15, 19 y 40%.

En las Figuras 1 y 2, se muestra gráficamente la tendencia gradual de aumento en rendimiento de cada sub-población después de ocho ciclos de selección masal. Se encontraron efectos lineares altamente significativos (Tabla 3); sin embargo, los efectos cuadráticos altamente significativos indican que el aumento no es constante.

TABLE 1. *Sumario de comportamiento para rendimiento, humedad a la cosecha del grano y fecha de floración de cuatro ciclos de selección masal "control", cuatro ciclos de selección masal "irradiados", cruzamientos de las generaciones de ciclos con Hays Golden, y los ciclos intercruzados. Lincoln, Nebraska, 1965.*

Identidad	Lbs. por parcela	% de		Humedad a la cosecha		Fecha de Floración	
		HG	MP (3)	%	% de HG	Día (1)	% de HG
Hays Golden (testigo) (2)	9,64	100		14,47	100	17,6	100
C2*	10,11	105		16,28	112	19,4	110
C4	11,66	121		15,68	108	18,5	105
C6	11,75	122		16,77	116	18,6	106
C8	14,06	146		15,97	110	20,0	114
I 2**	10,47	109		15,16	105	19,2	109
I 4	11,04	115		15,29	106	19,3	110
I 6	11,51	119		15,02	104	19,1	108
I 8	13,49	140		15,79	109	20,2	115
C2 x HG***	10,19	106	103	15,98	110	17,2	98
C4 x HG	11,28	117	106	15,45	107	18,5	105
C6 x HG	11,41	118	107	15,09	104	18,4	104
C8 x HG	11,47	119	97	16,17	112	18,3	104
I 2 x HG	10,37	108	103	14,78	102	17,8	101
I 4 x HG	10,05	104	97	15,35	106	18,1	103
I 6 x HG	11,58	120	110	14,94	103	18,4	104
I 8 x HG	11,41	118	99	15,26	105	18,2	103
C2 x I 2	10,46	108	102	15,50	107	18,2	103
C4 x I 4	11,28	117	99	15,37	106	18,0	102
C6 x I 6	12,53	130	108	15,42	107	18,3	104
C8 x I 8	13,80	143	100	16,61	115	19,8	112

* C2, etc: Ciclo masal 2 "control", etc.

** I 2, etc: Ciclo masal 2 "irradiado", etc.

*** HG : Variedad Hays Golden

(1) : El día del mes cuando 50% de las espigas estaban derramando polen

(2) : La media de Hays Golden es basada en 20 parcelas, el resto en 10.

(3) MP: Media de los dos padres.

TABLA 2. Sumario del comportamiento para altura de mazorca, volcamiento y mazorcas caídas de cuatro ciclos de selección masal "control", cuatro ciclos de selección masal "irradiados", cruza- mientos de las generaciones de ciclos con Hays Golden, y los ciclos inter cruzados. Lincoln, Nebraska, 1965.

Identidad	Altura de Mazorca.			Volca- miento %	Mazor- cas caídas %
	Pulga- das	% de HG	MP (1)		
Hays Golden (testigo)	41,27	100		22,9	2,5
C2°	43,44	105		25,4	3,8
C4	46,16	112		24,2	5,8
C6	45,26	110		36,7	6,7
C8	53,86	131		41,7	8,3
I 2**	45,31	110		35,0	3,3
I 4	47,44	115		40,0	4,2
I 6	48,05	116		37,1	3,3
I 8	52,62	128		52,5	5,8
C2 x HG***	44,96	109	106	29,6	4,2
C4 x HG	45,40	110	104	27,5	1,2
C6 x HG	47,56	115	110	27,9	5,8
C8 x HG	47,08	114	99	35,0	3,3
I 2 x HG	44,86	109	104	28,8	5,0
I 4 x HG	43,15	105	97	20,0	3,3
I 6 x HG	47,20	114	106	34,6	8,8
I 8 x HG	48,12	117	102	39,6	4,2
C2 x I 2	45,72	111	101	27,1	4,6
C4 x I 4	46,46	113	102	32,1	3,8
C6 x I 6	47,28	115	101	37,1	3,8
C8 x I 8	50,46	122	95	37,1	3,8

* C2, etc: Ciclo masal 2 "control", etc.

** I 2, etc: Ciclo masal 2 "irradiado", etc.

*** HG : Variedad Hays Golden.

(1) MP: Media de los dos padres.

TABLA 3. *Análisis de variancia y comparaciones ortogonales para rendimiento de grano.*

Fuente de variación	g. l.	C. M.
Bloques	9	2,1956°
Variedades	21	15,6286**
Entre Testigos Hays Golden	1	0,6845
Entre Generaciones de Ciclos	7	18,9436**
C vs I	1	1,4311
Dentro de C	3	26,4990**
Linear	1	39,0728**
Cuadrático	1	37,2490**
Cúbico	1	3,1752
Dentro de I	3	17,2256**
Linear	1	45,4104**
Cuadrático	1	4,9702°
Cúbico	1	1,2961
Entre Ciclos x Hays Golden	7	4,1717**
C x HG vs I x HG	1	1,1044
Dentro de C x HG	3	3,6429°
Linear	1	7,8804**
Cuadrático	1	2,6522
Cúbico	1	0,3961
Dentro de I x HG	3	5,7229**
Linear	1	10,8112**
Cuadrático	1	0,0562
Cúbico	1	6,3012**
Entre Ciclos Intercruzados	3	21,3656**
Linear	1	63,5064**
Cuadrático	1	0,5062
Cúbico	1	0,0841
HG vs Ciclos x HG	1	28,5156**
Ciclos vs Ciclos Intercruzados	1	1,7510
(HG + Ciclos x HG) vs	1	71,3440**
(Ciclos + Ciclos Intercruzados)		
Error	189	1,0372
Total	219	

E. S. = 1,0188

C. V. = 8,99%

*P = 0,05 nivel de significancia

**P = 0,01 nivel de significancia

g. l. = grados de libertad

C. M. = Cuadrado Medio

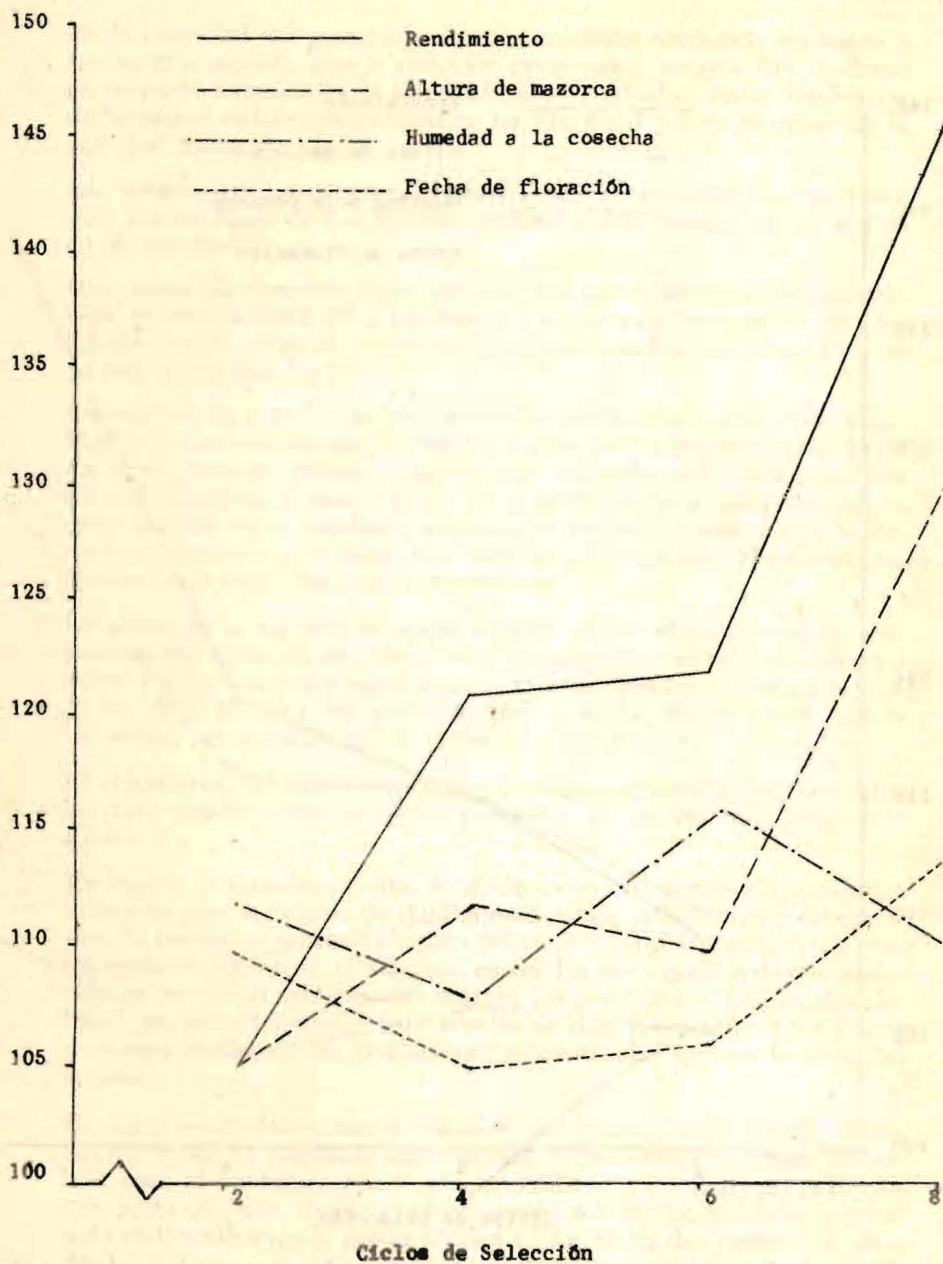


Figura 1. Respuestas para rendimiento, altura de mazorca, humedad en el grano a la cosecha y fecha de floración en los masales "control" en relación a la variedad parental Hays Golden. (Ver tablas 1 y 2).

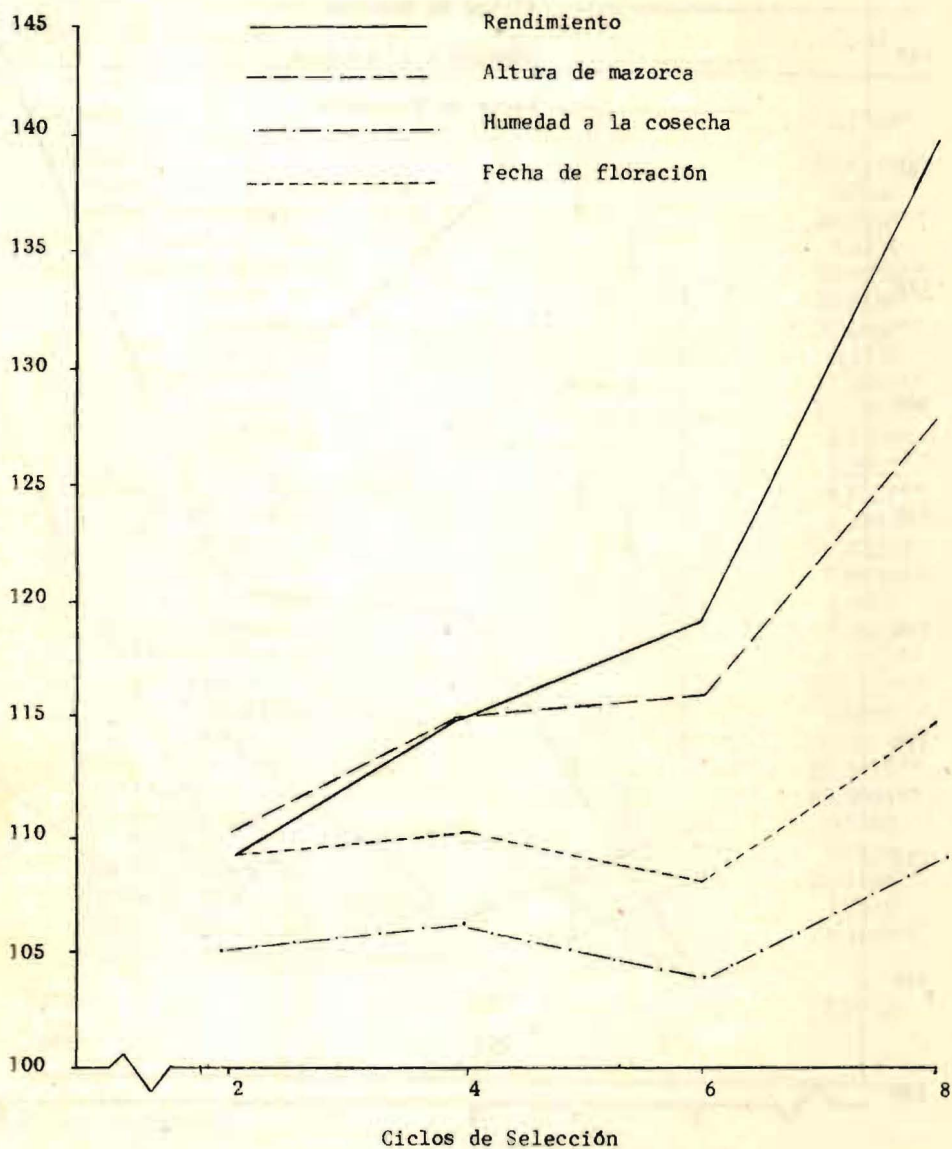


Figura 2. Respuestas para rendimiento, altura de mazorca, humedad en el grano a la cosecha y fecha de floración en los ciclos masales "irradiados" en relación a la variedad parental Hays Golden (Ver Tablas 1 y 2).

En la humedad del grano a la cosecha, no hubo tendencia constante a aumentar a medida que la selección progresaba, aunque fue evidente un pequeño aumento en la sub-población "irradiada". Estas tendencias de humedad están representadas en las Figuras 1 y 2 en términos de la variedad parental.

Las poblaciones seleccionadas tuvieron mayor humedad que la variedad, con un rango de 8 a 16% más en la muestra "control" y de 4 a 9% en la "irradiada".

Las fechas de floración, que también reflejan diferencias en maduración, se retardaron de 0,9 a 2,4 días en los ciclos de "control", y de 1,5 a 2,6 días en los ciclos de "irradiada", en comparación con Hays Golden (Tabla 1, Figuras 1 y 2).

Un análisis de correlación simple mostró coeficientes altamente significativos entre rendimiento y las otras características estudiadas. Estos resultados eran de esperarse puesto que los ciclos más avanzados son más adaptados al ambiente en donde se había hecho la selección. Así, la selección dio como resultado mazorcas más pesadas, con mayor humedad a la cosecha, en plantas que tomaron más ventajas del período vegetativo más largo durante el crecimiento.

La altura de la mazorca aumentó a través de los ciclos en ambas sub-poblaciones en forma muy paralela a los aumentos en rendimiento (Figuras 1 y 2). Los ciclos segundo, cuarto, sexto y octavo, mostraron progresos de 5, 12, 10 y 31% para "control" y de 10, 15, 16 y 28% para la "irradiada", en relación con la variedad original.

El volcamiento de tallos mostró una tendencia general a ser mayor con mayores rendimientos en ciclos avanzados en ambas sub-poblaciones (Tabla 2).

En cuanto a mazorcas caídas también hubo una tendencia general a aumentar con aumentos de rendimiento en las poblaciones seleccionadas. Ya que no se practicó ninguna selección contra volcamiento ni contra caída de mazorcas, el aumento en rendimiento pudo haberse traducido en mazorcas más pesadas, soportadas por tallos y pedúnculos débiles (no seleccionados). Esto resultó en más tallos quebrados y más mazorcas caídas en las poblaciones seleccionadas que en la variedad original.

De estos resultados se puede concluir que, hasta el octavo ciclo, la selección masal ha cambiado exitosamente la frecuencia de genes favorables para el rendimiento, con efectos aditivos, en ambas sub-poblaciones, hasta un punto donde el efecto combinado de los genes ha aumentado sustancialmente la productividad en los ciclos de "control" e "irradiada".

También es aparente que no ha ocurrido una reducción sustancial en la porción aditiva de la variancia genética puesto que se ha obtenido un aumento progresivo en rendimiento a través de ocho ciclos de selección.

Los datos sugieren que puede esperarse un progreso continuado en rendimiento en futuros ciclos de selección masal.

B. *Generaciones de Selección x Hays Golden.*

Si la selección cambia la frecuencia de genes favorables para rendimiento, podría esperarse un aumento en rendimiento en los cruzamientos de ciclos sucesivos de selección con la variedad parental no seleccionada.

También podría esperarse que la presión de selección continuada en las dos sub-poblaciones resultara en un cierto grado de diversidad genética entre las sub-poblaciones "control" e "irradiada" y entre ellas y la variedad parental. Ha sido practicada selección independiente en las dos muestras y podrían haber resultado diferencias en el complemento de genes favorables a través de la selección hecha.

En este estudio las diferencias en rendimiento entre los cruzamientos con la variedad original fueron significativas ($P = 0,01$ (Tabla 3). La media de todos los ciclos "control" x Hays Golden (11,09 lbs./parcela) no fue estadísticamente diferente de la media de todos los ciclos "irradiada" x Hays Golden (10,85 lbs./parcela).

Puesto que Hays Golden es el padre común, las diferencias observadas deben ser debidas a las poblaciones seleccionadas. Aumentos lineares altamente significativos de 6, 17, 18 y 19% de las generaciones "control" x HG, en relación a HG, fueron observados para los cuatro ciclos (Tabla 1, Figura 3). En las generaciones de "irradiada" x HG, los resultados fueron muy similares a aquellos para generaciones de "control" x HG. Las diferencias entre las generaciones "irradiada" x HG fueron significativamente diferentes. Aparentemente, esto se debió a las diferencias habidas durante el mejoramiento en los padres irradiados. Los rendimientos mostraron un efecto lineal altamente significativo.

Las respuestas heteróticas para las generaciones "control" x HG, fueron 3, 6, 7 y -3% para C2, C4, C6 y C8 en cruzamientos con Hays Golden, respectivamente. En las generaciones "irradiadas" x HG las respuestas heteróticas reflejaron los cambios en los ciclos parentales, siendo ellas de 3, -3, 10 y -1% para los respectivos cruzamientos,

La humedad a la cosecha fue algo superior en los cruzamientos con la variedad original que en Hays Golden.

Las fechas de floración también fueron algo más demoradas que aquella de la variedad original (Tabla 1, Figuras 3 y 4). En promedio la altura de mazorca fue mayor en los cruzamientos de ciclos x HG que en HG. En ambos casos, los valores heteróticos exhibidos para altura de mazorcas fueron similares a aquellos para rendimiento y, generalmente, reflejaron cambios observados en los padres seleccionados (C2, etc., I 2, etc.). Los porcentajes de volcamiento de tallos y de mazorcas caídas en los cruzamientos x HG fueron también similares a los valores obtenidos para las poblaciones seleccionadas. Hubo más tallos quebrados y más mazorcas caídas a medida que los rendimientos aumentaban. (Tablas 1 y 2, Figuras 3 y 4).

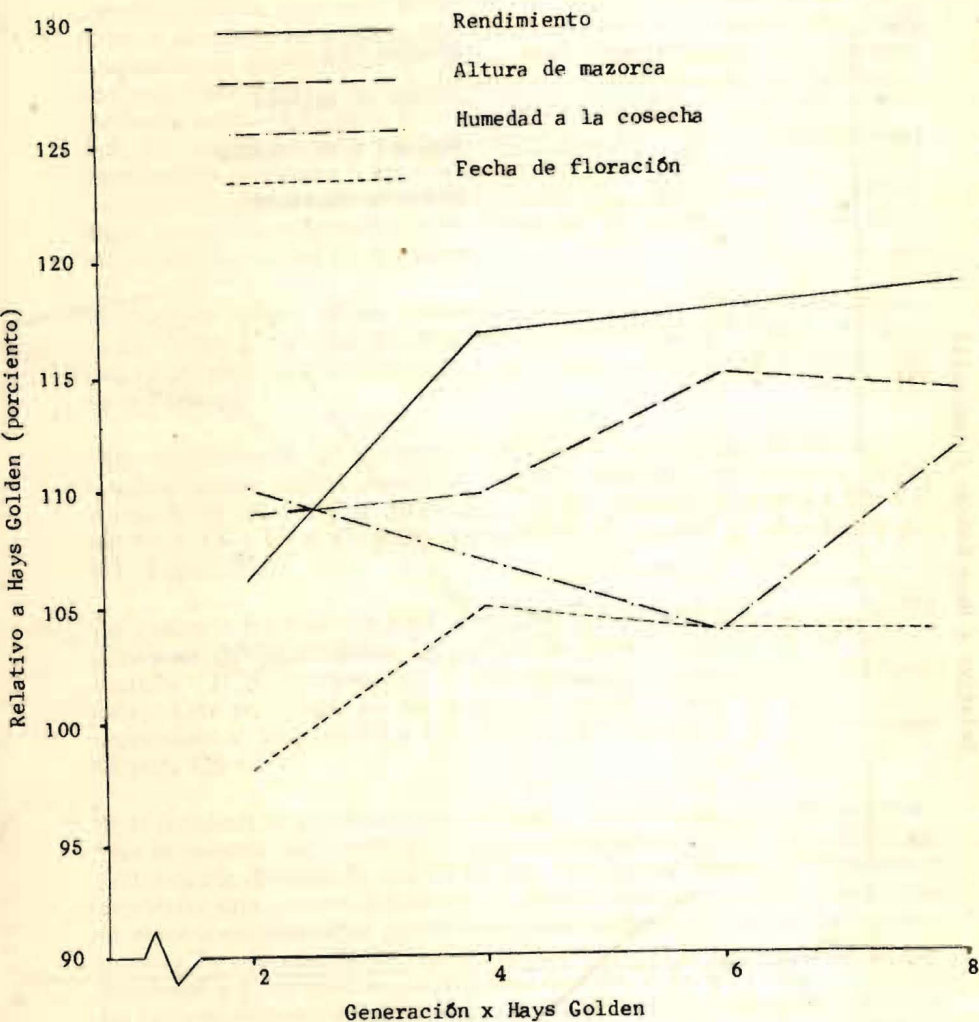


Figura 3. Respuestas para rendimiento, altura de mazorca, humedad en el grano a la cosecha, fecha de floración en la generaciones masa-sales "control" cuando se cruzaron con la variedad Hays Golden. Líneas trazadas en relación a la variedad parental Hays Golden.

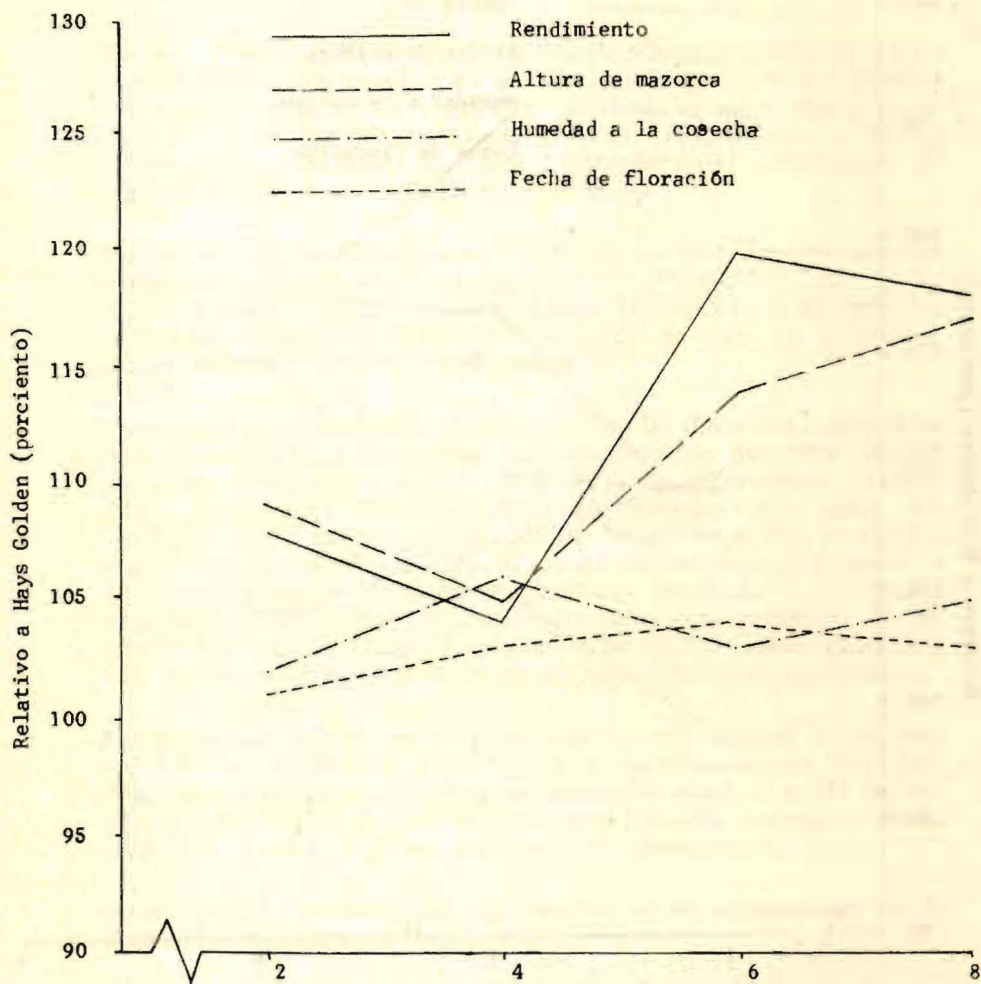


Figura 4. Respuestas para rendimiento, altura de mazorca, humedad en el grano a la cosecha y fecha de floración en las generaciones masales "irradiadas" cuando se cruzaron con la variedad Hays Golden. Líneas trazadas en relación a la variedad parental Hays Golden. (Ver Tablas 1 y 2).

C. Cruzamientos entre Ciclos.

El intercrucamiento entre ciclos comparables de las poblaciones seleccionadas, resultó en un aumento progresivo de rendimiento, aunque se observó una disminución de heterosis (Tabla 1, Figura 5). Se espera, a medida que la selección progrese, que resulte un cambio, en la frecuencia de genes favorables, que harán aumentar el rendimiento. Teóricamente, el rendimiento de poblaciones muy seleccionadas alcanzarían una cima máxima cuando la constitución genética de esas poblaciones fuera homocigota para todos los loci que influyen en la productividad. Así, con el aumento de homocigocidad, los genes que determinan rendimiento, comunes a las dos poblaciones seleccionadas ("control" e "irradiada") y esencialmente iguales pero con altas frecuencias, darían lugar a menores respuestas heteróticas en los intercrucamientos entre más avanzados ciclos de selección.

El comportamiento de los intercrucamientos entre ciclos es mostrado en las Tablas 1 y 2 y las pruebas de significancia en la Tabla 3. Las respuestas para los caracteres estudiados se muestran gráficamente en la Figura 5.

Para rendimiento, las diferencias entre las medias de los intercrucamientos fueron significativas ($P = 0,01$). Aumentos enteramente lineares de 8, 17, 30 y 43% se observaron en los intercrucamientos C2 x I2, C4 x I4, C6 x I6 y C8 x I8, respectivamente, sobre la variedad original (Figura 5).

La ganancia total de C8 x I8 sobre HG fue de 4,16 lbs./parcela. Hubo muy poca diferencia entre las medias de las generaciones de ciclos parentales (11,76 lbs./parcela) y sus intercrucamientos (12,02 lbs./parcela). Esto se reflejó en los valores heteróticos para los cuatro intercrucamientos; 2% para C2 x I2, -1% para C4 x I4; 8% para C6 x I6, y 0% para C8 x I8.

Si la irradiación y la selección separada tuvieron algún efecto en cambiar la constitución genética de las dos sub-poblaciones, haciéndolas genéticamente diversas la una de la otra, el intercrucamiento podría haber mostrado una respuesta heterótica progresivamente mayor. Puesto que se obtuvieron ganancias progresivas para rendimiento en las poblaciones mismas, la selección ha sido efectiva en aumentar la frecuencia de genes dominantes favorables en ambas muestras de "control" y de "irradiada". La falla en obtener cambios en respuesta heterótica hace aparecer como si ambas sub-poblaciones no son muy diversas genéticamente. Si el complejo genético es esencialmente similar en las dos sub-poblaciones, no se esperaría que el intercrucamiento resultara en heterosis apreciable, aunque se obtuviera un aumento en productividad.

Los intercrucamientos no fueron apreciablemente diferentes, en humedad del grano a la cosecha, de la variedad original. Se observó un comportamiento similar en la fecha de floración. (Tabla 1, Figura 5). La altura de mazorca mostró una respuesta similar a aquella para rendimiento. Las mazorcas fueron 11, 13, 15 y 22% más altas en los intercrucamientos.

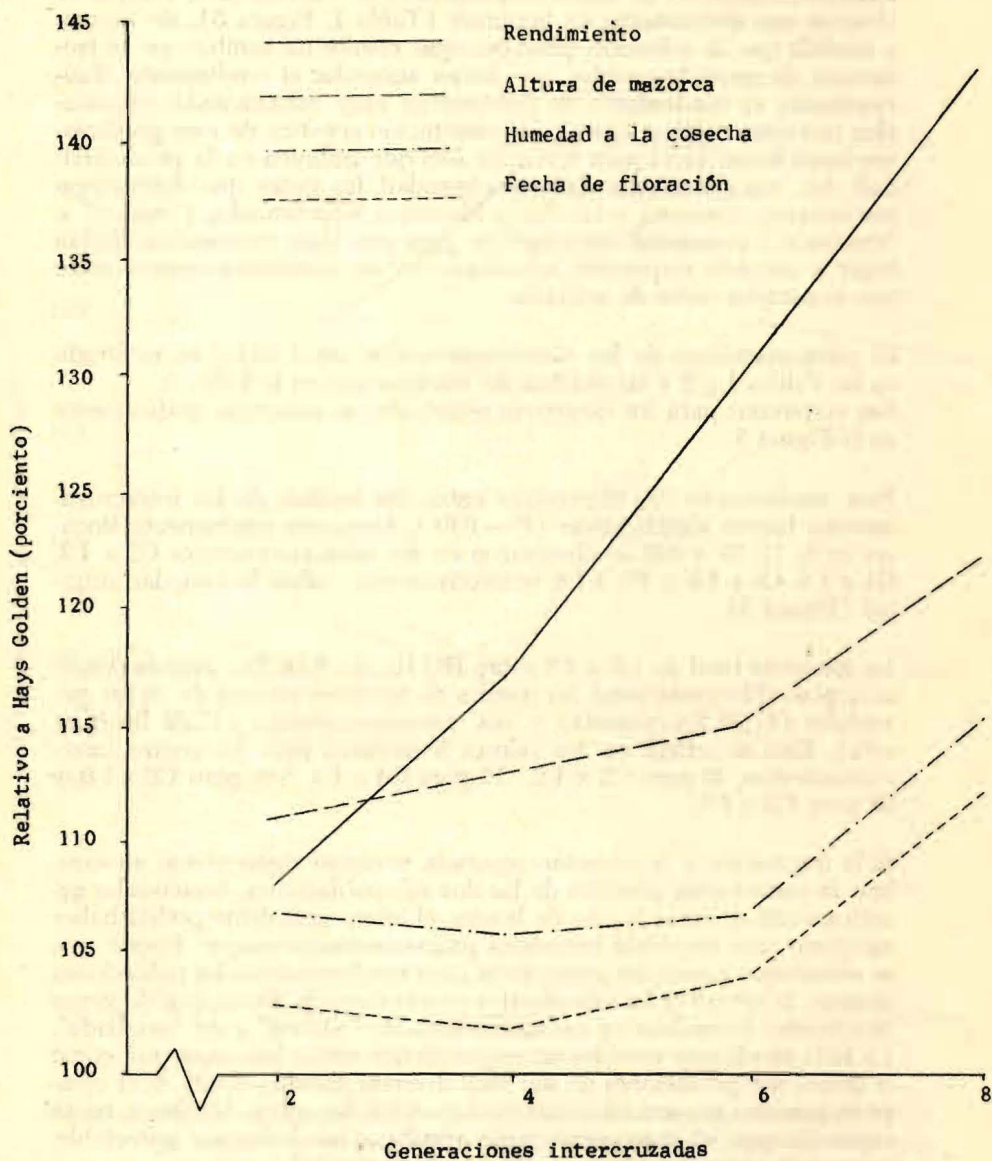


Figura 5. Respuestas para rendimiento, altura de mazorca, humedad en el grano a la cosecha y fecha de floración en los inter cruzamientos entre ciclos comparables de selección en dos sub-poblaciones de la variedad Hays Golden.

zamientos en comparación con Hays Golden (Tabla 2, Figura 5). El C8 x I 8 fue 9,19 pulgadas más alto en mazorca que la variedad original.

Comparados con Hays Golden, los intercruzamientos mostraron un aumento general en vuelco y en mazorcas caídas probablemente debido a los rendimientos superiores. Sobre el promedio, los intercruzamientos mostraron menor caída de mazorcas y menos tallos quebrados que las generaciones de ciclos parentales.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los objetivos del presente estudio fueron: a) Estimar la ganancia total a través de ocho ciclos de selección masal por rendimiento en dos sub-poblaciones de la variedad de maíz Hays Golden; b) Comparar las ganancias y comportamiento entre esas dos sub-poblaciones; c) Estudiar el comportamiento de los cruzamientos entre las generaciones de ciclos con la variedad original y d) Estudiar el comportamiento y la respuesta heterótica cuando se intercruzaban con los ciclos equivalentes de la otra población las generaciones de ciclos de una población derivada.

Fue evidente el éxito de la selección masal en cambiar la frecuencia de genes favorables para rendimiento en ambas sub-poblaciones. Esto resultó en un aumento sustancial en su productividad: 4,42 lbs./parcela (46%) en el ciclo octavo de selección masal en "control" y 3,86 lbs./parcela (40%) en el octavo ciclo masal de la población "irradiada".

De la altamente significativa tendencia lineal a aumentar en el rendimiento, se concluyó que: a) no ocurrió una reducción sustancial en la porción aditiva de la variancia genética; b) en futuros ciclos de selección masal podría esperarse un progreso continuado en rendimiento.

Como poblaciones y en cruzamientos con la variedad original Hays Golden, se observó en general una respuesta comparable entre los ciclos masales "control" e "irradiados".

Se obtuvo una baja respuesta heterótica en los intercruzamientos de los ciclos comparables de ambas sub-poblaciones aunque mostraron un aumento lineal pronunciado en rendimiento. Estos resultados sugieren que la selección resultó en un aumento de homocigocidad en los loci que afectan rendimiento.

Esto, a su vez, se tradujo en más productividad en los cruzamientos entre ciclos más avanzados así como en un efecto heterótico más bajo. También se concluyó que la selección separada en ambas sub-poblaciones (hasta el octavo ciclo) no resultó en diversidad genética.

En general, con aumentos en rendimiento hubo aumentos en altura de mazorca ($r=0,9139^{**}$), en humedad del grano a la cosecha ($r=0,4428^{**}$), y en fecha de floración ($r=0,6817^{**}$).

Como era de esperarse, la humedad del grano a la cosecha y la fecha de floración estuvieron altamente correlacionados ($r=0,3908^{**}$).

Tallos volcados y quebrados y mazorcas caídas, también aumentaron con incrementos en rendimiento; esto se esperaba puesto que además de que no se hizo selección para esos caracteres los rendimientos más altos (más pesados) aumentaron el grado de tensión en los pedúnculos de las plantas.

LITERATURA CITADA

- Beal, W. J. 1880. Indian Corn. Report Michigan State Board Agr. 19: 279-289
- Cota, A. O. 1964. Effect of mass selection on genetic variances of the Hays Golden variety of corn (*Zea mays* L.). Unpublished M. S. Thesis. University of Nebraska, College of Agriculture.
- Gardner, C. O. 1961. An evaluation of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. *Crop Sci.* 1: 241-245.
- Lindsey, M. F., J. H. Lonquist and C. O. Gardner 1962. Estimates of genetic variance in open-pollinated varieties of corn belt corn. *Crop. Sci.* 2: 105-108.
- Lonquist, J. H. 1949. The development and performance of synthetic varieties of corn. *Agron. J.* 41: 153-156.
- . 1961. Progress form recurrent selection procedures for the improvement of corn populations. Univ. of Nebraska. College of Agriculture. *Agric. Exp. Sta. Res. Bul.* 197.
- and C. O. Gardner. 1961. Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implications in breeding procedures. *Crop. Sci.* 1: 179-183.
- Moll, R. H., W. S. Salhuana, and H. F. Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop. Sci.* 2: 197-198.
- , J. H. Lonquist, J. Vélez-Fortuno, and E. C. Johnson. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 52: 139-144.
- Paterniani, E., and J. H. Lonquist. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 3: 504-507.
- Robinson, H. F., R. E. Comstock, and P. H. Harvey. 1955. Genetic variances in open pollinated varieties of corn. *Genetics* 40: 45-60.
- Senanarong, A. 1964. Realized progress form recurrent selection for general combining ability in corn, *Zea mays* L. Unpublished M. S. Thesis. University of Nebraska. College of Agriculture.
- Sprague, G. F., W.A. Russel, and C. H. Penny. 1959. Recurrent selection for specific combining ability and type of gene action involved in yield heterosis in corn. *Agron. J.* 51: 392-394.