

SELECCION DE LINEAS Y RESPUESTA DE VARIEDADES DE MAIZ BAJO CONDICIONES AMBIENTALES DIFERENTES

LINES SELECTION AND RESPONSE OF MAIZE VARIETIES UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS

Alfonso Peña Ramos y Salvador Martín del Campo Valle¹

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue comparar el compuesto del primer ciclo de selección de progenies S_1 (ICSLS₁) con la variedad original y con el híbrido resistente a sequía H-204 e identificar líneas élite de maíz (*Zea mays* L.) de entre 18 sobresalientes. Para tal efecto, se sembraron tres ensayos bajo riego, sequía y temporal en la Estación Experimental de Pabellón, Ags. del INIFAP. De las 18 líneas, se seleccionaron seis por su mayor rendimiento, producción de materia seca y precocidad. El rendimiento promedio a través de ambientes de estas líneas superó en 0.4 a 0.8 ton/ha, al grupo no seleccionado. Se logró incrementar la precocidad del ICSLS₁ en 5 días, sin afectar el potencial de rendimiento respecto al compuesto original. El ICSLS₁ presentó igual precocidad y una respuesta en rendimiento y materia seca a través de ambientes similar al H-204. El número de mazorcas por planta y el índice de cosecha fueron las características que más correlacionaron con el rendimiento, principalmente bajo sequía, con valores de r de 0.73 y 0.83, respectivamente.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L., resistencia a sequía, coeficientes de correlación, selección recurrente.

SUMMARY

The objective of the present paper, was to compare the first selection cycle of S_1 progeny (ICSLS₁) with the original variety and the drought resistant hybrid H-204 and to identify elite lines among 18 outstanding S_1 lines. Three trials were established, under

irrigation, drought and rainfed conditions at the Experimental Station of INIFAP-CIFAP, Ags., Mex. Six earlier lines with high yield potential and dry matter production were selected. Their average yield was greater than those of non selected group by 0.4-0.8 ton/ha through environments. The number of days to flowering of the ISCLS₁ was reduced by 5 without any change in yield in relation to the original synthetic. The ISCLS₁ showed a yield and dry matter production similar to the hybrid H-204 through environments. The number of ears per plant and harvest index were the most correlated characteristics with yield, mainly under drought conditions, with r values of 0.73 and 0.83, respectively.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L., drought resistance, correlation coefficients, recurrent selection.

INTRODUCCION

Debido a las fuertes pérdidas de rendimiento que año tras año sufre el maíz de temporal en Aguascalientes por efecto de la sequía, desde 1987 se inició un programa de mejoramiento genético en una generación avanzada del híbrido H-204, material que ha mostrado buen comportamiento bajo condiciones de escasez de humedad en la Región Norte Centro de México. El proceso de mejoramiento ha estado encaminado a seleccionar líneas precoces, con alto índice de cosecha, de mayor coincidencia en la aparición de sus floraciones (masculina y femenina) y con mayor rendimiento de grano y sanidad. Se ha trabajado con el método de selección recurrente de líneas S_1 , el cual permite una mayor precisión en la selección

¹ Investigadores del programa de maíz del CIFAP-AGS. INIFAP-SARH. Apdo. Postal No. 20, CP 20660 Pabellón, Ags., Méx.

de características deseables. Actualmente se tiene el compuesto del primer ciclo de selección formado con 20 líneas sobresalientes bajo el esquema riego-sequía.

El objetivo del presente trabajo fue comparar la respuesta del compuesto del primer ciclo de selección con la variedad original y el híbrido H-204 e identificar líneas élite resistentes a la sequía.

Se plantea como hipótesis que a través del proceso de selección, se ha logrado mejorar la respuesta del germoplasma a condiciones de sequía y que existen líneas precoces, de buen potencial de producción, factibles de ser seleccionadas.

REVISION DE LITERATURA

La dificultad que representa el desarrollar germoplasma resistente a la sequía, ha propiciado la búsqueda de metodologías de selección más eficientes y la identificación de características correlacionadas con una menor reducción en el rendimiento de grano bajo sequía (Fischer *et al.* 1989; Bolaños y Edmeades, 1990; Edmeades *et al.* 1990; Martín del Campo *et al.* 1991a).

La selección recurrente de líneas S_1 es considerada como una de las metodologías más eficientes para obtener mejores ventajas por ciclo de selección cuando se parte de germoplasma ya seleccionado, ya que capitaliza al máximo la varianza aditiva (Márquez, 1985); sin embargo, las ganancias obtenidas en la selección pueden no ser tan grandes por la fuerte interacción con que responden las líneas a través de ambientes; lo cual se acentúa cuando se someten a algún tipo de estrés (Rosielle y Hamblin, 1981). No obstante las consideraciones del caso, el uso de esta metodología ha sido exitosa para mejorar varias características de planta (Hallauer y Miranda, 1981); por

otra parte, se ha observado que la heredabilidad para rendimiento de grano bajo situaciones de sequía declina sólo hasta que el rendimiento se reduce a menos del 20% de su potencial y se ha determinado que ésta es mayor cuando se usa un sistema de selección basado en líneas S_1 que uno de hermanos completos (Bolaños y Edmeades, 1990).

Ludlow y Muchow (1990), sugieren el uso de características secundarias como criterio de selección para contribuir al mejoramiento de la respuesta de las plantas a estrés. En relación al mejoramiento para resistencia a la sequía, Lafitte y Edmeades (1988) señalan que el uso de características secundarias como criterios de selección puede ser ventajoso si puede medirse antes que ocurra la floración, si resulta más fácil y barata su determinación respecto a la característica principal y si está fuertemente relacionada y tiene una heredabilidad superior a dicha característica.

Un ejemplo de este tipo de selección, ha sido aplicado por Bolaños y Edmeades (1989) en una población de maíz del CIMMYT. Ellos han encontrado avances satisfactorios en el proceso de selección y mencionan que el intervalo entre la antesis y la aparición de estigmas y el número de mazorcas por planta fueron las características que más influyeron en el mejoramiento de las poblaciones para resistencia a sequía. Zea *et al.* (1989) desarrollaron un programa de mejoramiento genético algo similar al mencionado y aún cuando obtuvieron ganancias significativas en el rendimiento, no detectaron una asociación de las líneas más resistentes a sequía con mayor sincronía entre floraciones, pero sí con el número de mazorcas por planta.

Otros trabajos en los que se ha realizado selección de líneas y en los cuales se han

usado características adicionales de selección, son los de Hurd (1974, 1976). El seleccionó líneas para el carácter de raíz densa y profunda en trigo (*Triticum aestivum* L.) y obtuvo resultados positivos en el mejoramiento genético de la resistencia a la sequía.

También se han llevado a cabo programas de mejoramiento genético con otras metodologías, en las que se contempla como único criterio de selección el rendimiento, ya sea en riego, sequía o conjugando ambas condiciones de humedad. Los resultados en algunos casos han sido positivos y en otros no tan buenos, debido principalmente a la respuesta inconsistente a través de ambientes de los materiales generados; además, de que en ocasiones no se han considerado características tan importantes como el mantenimiento de la precocidad del germoplasma a mejorar (Castro *et al.* 1989).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se inició en el verano de 1987 en la Estación Experimental de Pabellón, Ags. con la generación avanzada F_4 del híbrido H-204, material que ha mostrado buen comportamiento bajo condiciones de escasez de humedad en la Región Semiárida del Norte Centro de México. La metodología utilizada corresponde a la selección recurrente de líneas S_1 , considerando que en cada ciclo de selección, se tendrá la posibilidad de obtener variedades sintéticas.

Se partió de 600 líneas S_1 , de las cuales se seleccionaron 200 para su evaluación, tomando en cuenta una mayor precocidad, mayor sincronía entre la floración masculina y femenina, un mayor índice de cosecha y mejor sanidad. Se consideró al híbrido H-204 como un ideotipo de referencia. Las 200 líneas se evaluaron bajo condiciones de

riego y temporal en 1988. No se dió la condición de sequía debido a la presencia de lluvias tempranas en ese año; sin embargo, como resultado de esa evaluación, se seleccionaron las mejores 20 líneas utilizando los criterios señalados anteriormente. Con estas líneas se integró el compuesto del primer ciclo de selección (ICSLS₁).

De la recombinación del ICSLS₁, se inició un nuevo ciclo de selección y de las 20 líneas seleccionadas se evaluaron 18 en el presente estudio para identificar las seis más sobresalientes (líneas élite) con el fin de iniciar un vivero con germoplasma resistente a la sequía y que pueda ser utilizado para generar poblaciones y variedades en combinación con otras fuentes.

En las evaluaciones se incluyó el ICSLS₁ y como testigos la variedad original H-204 F_4 y el híbrido H-204. Los materiales se evaluaron bajo condiciones de riego, sequía y temporal.

Los ensayos de riego y sequía se sembraron en fecha temprana (22 de marzo de 1990) en la localidad de Pabellón, Ags. la cual se encuentra a 1850 msnm y se caracteriza por tener una temperatura media en esa época de alrededor de 18°C. Al ensayo de riego se le mantuvo siempre bajo buenas condiciones de humedad todo el ciclo y al de sequía se le dieron solamente dos riegos moderados: uno en la etapa vegetativa y el otro al final de la floración masculina. El ensayo de temporal, se sembró el 9 de julio en la localidad de Sandoval, Ags., al inicio del período de lluvias. Esta localidad se encuentra a 1920 msnm y es característica de la región productora de maíz de temporal en Aguascalientes, tiene suelos delgados (30-40 cm) de baja retención de humedad, la temperatura media durante el

ciclo, es aproximadamente de 17°C y la precipitación pluvial de 340 mm.

En todos los experimentos se llevó un registro de la humedad del suelo cada 8 ó diez días, mediante el método gravimétrico. Los muestreos se hicieron a una profundidad de 30 cm en dos puntos por repetición.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con dos repeticiones por ambiente. La unidad experimental en todos los casos fue de dos surcos de 5.0 m separados a 0.76 m. Se tuvo una densidad de población de 40 000 pl/ha (33 cm entre plantas) y se fertilizó con el tratamiento 40-40-00.

Las variables que se midieron fueron: días al 50% de floración masculina (FM) y femenina (FF), asincronía en días entre la aparición de la floración masculina y femenina (ASI), calificación de planta y de mazorca (Cpl y Cmz) con valores de 1 a 9, donde 1=peor y 9=mejor, rendimiento de grano al 12% de humedad (Rend), relación de mazorcas por planta (Mz/Pl), producción de materia seca total (MS) e índice de cosecha (IC) que es igual a la relación: Rend (0% de humedad)/MS.

Se realizaron análisis de varianza individuales y combinados para Rend, MS, IC, Mz/Pl, FM y ASI. La comparación de medias se hizo mediante el estadístico Tukey al 0.05 de probabilidad. Se seleccionaron líneas que tuvieran Rend, MS e IC sobresalientes a través de ambientes y de mayor precocidad. Los datos de estas características en la fracción de líneas seleccionadas y en la fracción no seleccionada se promediaron por ambiente y las diferencias entre ambas fracciones se determinaron mediante una prueba de t al

0.05 de probabilidad, considerando a las fracciones como dos muestras aleatorias independientes.

Se hicieron análisis de correlación simple entre el Rend y las variables ASI, IC y Mz/Pl en cada uno de los ambientes.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto ambiental. Las diferentes condiciones de humedad del suelo bajo las que se evaluaron los materiales del estudio (Figura 1) tuvieron efectos muy marcados sobre el Rend, MS e IC (Cuadro 1). Bajo la condición de sequía se observaron las respuestas más pobres y esto se explica porque la deficiencia de humedad más severa ocurrió justo durante la floración, etapa más susceptible del maíz (Shaw, 1976; Peña *et al.*, 1989). El Rend, característica principal de selección, sufrió una reducción aproximada del 50 % por efecto de la sequía, la cual según el Dr. Abel Muñoz (comunicación personal) es lo más recomendable para efectos de identificar plantas resistentes a la sequía, ya que sequías más severas propician que la expresión de la variabilidad genética tienda a cero.

Cuadro 1. Efecto del ambiente sobre algunas características de las líneas y variedades.

Ambiente	Rend	MS	IC
	ton/ha		(%)
Riego	2.9 a	5.4 a	48 a
Temporal	2.0 b	4.0 b	43 b
Sequía	1.5 c	3.2 c	41 b
Tukey (0.05)	0.2	0.3	3

Promedios con diferente letra dentro de cada variable son diferentes estadísticamente.

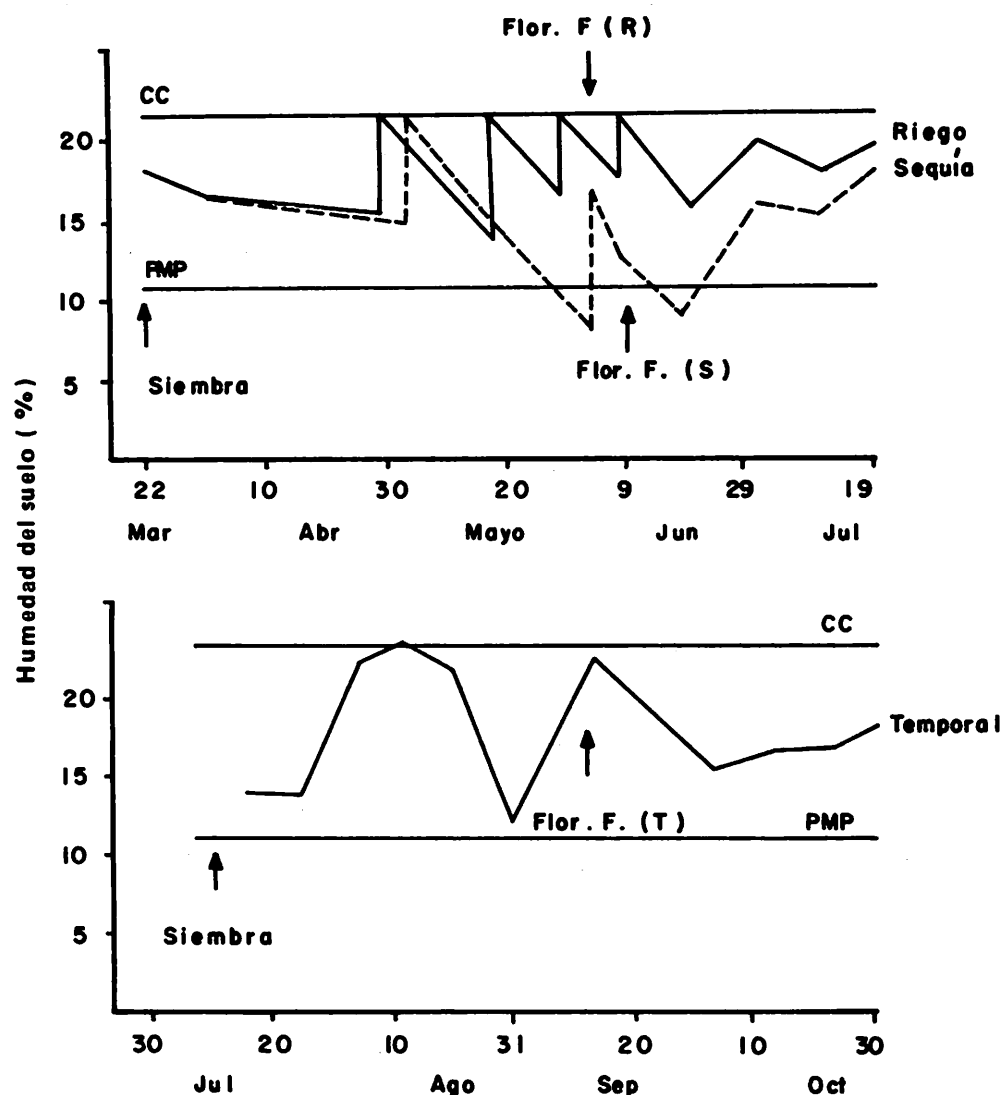


Figura 1. Humedad del suelo de los ensayos de líneas y variedades experimentales derivadas de H-204 F₄.

Selección de líneas. Para la selección de líneas élite, se consideraron los resultados del análisis combinado para rendimiento de grano, donde se observó significancia estadística para la interacción líneas x ambiente (datos no presentados). En base a estos resultados se seleccionaron seis líneas con alto rendimiento promedio y mejores en todos lo ambientes (Cuadros 2 y 3). También

se consideró que fueran más precoces que la variedad original H-204 F₄ y tuvieran buena producción de materia seca (Cuadros 2 y 4).

Características de líneas seleccionadas. El rendimiento promedio de las seis líneas seleccionadas, fue estadísticamente similar al de las variedades testigo y en su conjunto, superaron en 0.5 ton/ha a la fracción no

Cuadro 2. Características de variedades experimentales y líneas seleccionadas en promedio de ambientes.

Genealogía	Rend	Rel.	FM	ASI	Calificación	
	(ton/ha)	Mz/Pl	(días)		Pl	Mz
	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{R}$	$\bar{S}$	$\bar{X}$	
H-204 F4	3.0 a	1.18 a	73 a	5 a	8	8
ICSLS ₁	3.0 a	1.15 a	68 a	7 a	8	8
H-204	2.7 a	1.20 a	68 a	6 a	8	8
(3)-8	2.5 a	1.20 a	68 a	5 a	7	7
(8)-4	2.5 a	1.37 a	65	7 a	7	7
(15)-12	2.4 a	1.21 a	71 a	1	7	7
(18)-21	2.3 a	1.15 a	68 a	6 a	7	8
(19)-13	2.2 a	1.25 a	72 a	2	7	7
(3)-5	2.1 a	1.21 a	68 a	5 a	7	7
Tukey (0.05)	0.9	0.38	5	4		
Fracc. Sel.	2.3*	1.23*	69*	4	7	7
Fracc. No Sel.	1.8	1.00	71	5	7	6

Promedios con igual letra dentro de cada variable, son iguales y superiores estadísticamente.

* Promedios diferentes entre fracciones según t(0.05).

R = Riego y S = Sequía.

$\bar{X}$ = Promedio de tres ambientes.

Cuadro 3. Efecto ambiental sobre el rendimiento de grano de líneas y variedades derivadas de H-204 F₄.

Variedad	Riego	Temporal	Sequía	(S/R)-1
	ton/ha		(%)	
H-204 F ₄	3.8 a	3.5 ab	1.8 c	53
ICSLS ₁	3.6 a	3.2 abc	2.0 bc	44
H-204	3.4 ab	3.0 abc	1.6 c	53
Fracc. Sel.	3.2*	2.0*	1.8*	44
Fracc. No Sel.	2.4	1.6	1.4	42

Promedios con igual letra, son iguales estadísticamente.

Tukey (0.05)=1.6 ton/ha.

* Promedios diferentes entre fracciones según prueba de t (0.05).

Cuadro 4. Efecto ambiental sobre la producción de materia seca total de líneas y variedades derivadas de H-204 F₄.

Variedad	Riego	Temporal	Sequía	(S/R)-1
	ton/ha		(%)	
H-204 F ₄	7.2 a	6.7 a	3.6 b	50
ICSLS ₁	5.9 ab	6.0 ab	3.8 b	36
H-204	6.0 ab	6.4 a	3.6 b	40
Fracc. Sel.	5.9*	4.2*	3.7*	37
Fracc. No Sel.	4.8	3.3	3.0	38

Promedios con igual letra son iguales estadísticamente.

Tukey (0.05)=2.5 ton/ha.

* Promedios diferentes entre fracciones según prueba de t (0.05).

seleccionada (Cuadro 2). Estos resultados muestran un buen potencial de las líneas, dado que es común, que su producción decline mucho por efecto de la endogamia. Por otro lado, se observó que el Rend de ambos grupos de líneas se afectó en similar proporción por efecto de la sequía (Cuadro 3), pero la fracción de líneas seleccionadas superó en todos los ambientes a la fracción no seleccionada; siendo mayor esa superioridad en el ambiente de riego (0.8 ton/ha) y menor en el de temporal y de sequía (0.4 para ambos).

La fracción de líneas seleccionadas también superó a la fracción no seleccionada en producción de MS a través de ambientes (Cuadro 4), pero no fueron estadísticamente mejores en IC (Cuadro 5); esto significa que las líneas seleccionadas no basan su rendimiento en una mayor eficiencia para canalizar la materia seca al grano, sino a una mejor eficiencia para producirla y a una alta relación de mazorcas por planta (Cuadro 2). Por otra parte, se seleccionó la fracción más precoz, característica que favorece una mayor seguridad en la obtención de cosecha en estas regiones de reducida precipitación pluvial. En ASI, Cpl y Cmz, la fracción seleccionada no presentó ventajas, aunque sí se observaron dos líneas con una ASI reducido, característica que ha sido señalada por Bolaños y Edmeades (1990) como asociada con la resistencia a la sequía.

Avances en el proceso de selección. Al comparar el primer ciclo de selección con la variedad original, se puede observar en el Cuadro 2, que el rendimiento no se mejoró. La selección para precocidad en cambio, fue más eficiente dado que la FM se redujo en cinco días, respecto a la variedad original. Esta reducción del ciclo la puede explicar en parte esa falta de respuesta a la selección en

rendimiento, y representa un buen avance en el proceso de selección, ya que en primera instancia se pretendía reducir el ciclo biológico de la variedad original, a uno similar al de la F_1 del H-204, de tal manera que se disminuyera la posibilidad de riesgo por las sequías que en Aguascalientes comunmente ocurren en la etapa final de llenado del grano (Martín del Campo *et al.* 1991b). Respecto a otras características, el ICSLS₁ mostró un ASI dos días más amplio que la variedad original bajo sequía (Cuadro 2), no obstante que se seleccionó para ASI reducido. En Cpl y Cmz fueron similares ambos materiales.

Cuadro 5. Efecto ambiental sobre el índice de cosecha de líneas y variedades derivadas de H-204 F_4 .

Variedad	Riego	Temporal	Sequía	(S/R)-1
	%			(%)
H-204 F_4	46.9 a	45.9 a	45.0 a	4
ICSLS ₁	54.0 a	46.7 a	45.5 a	16
H-204	49.5 a	41.3 a	40.2 a	19
Fracc. Sel.	49.3 ^{ns}	41.7 ^{ns}	42.6 ^{ns}	14
Fracc. No Sel.	46.5	41.4	39.0	16

Promedios con igual letra son iguales estadísticamente.
Tukey (0.05) = 33.1; ^{ns} = diferencias no significativas.

Al analizar el rendimiento a través de ambientes (Cuadro 3), tampoco se observaron respuestas significativamente diferentes entre el ICSLS₁ y la variedad original; en cambio se observa una mejor respuesta del ICSLS₁ en ambientes de sequía, lo cual se refleja en la menor reducción porcentual del rendimiento que sufrió éste al pasar de la condición de riego a la de sequía. Esta respuesta representa una

buena ventaja, ya que en los ambientes de temporal de la región, la producción de maíz raramente es superior a 1.5 ton/ha y en el presente trabajo, se alcanza el límite superior de rendimiento para este nivel del potencial ambiental de dicha región.

Al comparar el ICSSL₁ con el ideotipo H-204 (Cuadro 2), se observó que en ninguna característica difirieron significativamente, lo que significa que existe la posibilidad de sustituir al híbrido con dicha variedad de polinización abierta, aunque habrá que corroborarlo en un mayor número de ambientes.

La producción de MS fue otra de las características afectadas en el proceso de selección. En este caso y aún cuando las diferencias no fueron significativas, se observó que el ICSSL₁ produjo 1.3 ton/ha de MS menos que la variedad original bajo condiciones de riego, pero fueron similares bajo condiciones de sequía. Esta mayor producción de MS del H-204 F₄ bajo condiciones favorables puede estar asociada con su mayor ciclo biológico y tal vez con una mayor área foliar fotosintéticamente activa, pero que puede ser una característica negativa en condiciones de sequía (Peña, 1991). Lo cual no ocurre en el ICSSL, reflejándose en un menor efecto de la sequía sobre esta variable (36%, Cuadro 4).

El índice de cosecha tampoco se mejoró significativamente por el proceso de selección (Cuadro 5), solo se observó una moderada superioridad del ICSSL₁ sobre la variedad original en el ambiente de riego de 7.1 % que puede considerarse importante, aunque para las condiciones regionales sería más ventajoso un incremento de la eficiencia productiva bajo condiciones de sequía. Bolaños y Edmeades (1989), sí encontraron mayoría en el IC en un programa de mejora-

miento genético en el cual consideraron como uno de los criterios principales de selección, la reducción en la asincronía de las floraciones.

Correlaciones. Generalmente la inclusión de algunos criterios de selección en programas de mejoramiento se asocia a características que estén correlacionadas con el rendimiento para avanzar más eficientemente en el proceso de selección. Lafitte y Edmeades, (1988); Bolaños y Edmeades, (1990), señalan que la menor asincronía entre floraciones (ASI), es una característica altamente correlacionada con el rendimiento Fischer *et al.* (1989) y Bolaños y Edmeades (1989), señalan que la inclusión de la ASI en programas de mejoramiento genético ha favorecido el avance en resistencia a la sequía en la población de maíz, Tuxpeño. En el presente trabajo no se encontró una relación significativa entre ASI y Rend en ninguno de los ambientes de evaluación, aunque siempre hubo una tendencia negativa (Cuadro 6). Esta ausencia de correlación podría estar enmascarada por la diferencia en precocidad del material en estudio, ya que ésta fluctuó entre 65 y 73 días a floración y los efectos ambientales principalmente el de sequía, no ocurrieron en el mismo período de desarrollo de los materiales, de tal modo, que el ambiente influyó de manera diferente sobre ellos.

Con respecto al IC, sí se observó una correlación significativa con rendimiento y ésta fue más clara a medida que el ambiente se hizo más crítico. Esto hace pensar, que la inclusión del IC como criterio de selección en ambientes de sequía puede hacer más eficiente el proceso de mejoramiento; sin embargo, habrá que buscar algunas mediciones indirectas que faciliten su medición.

Cuadro 6. Correlaciones entre algunas variables y el rendimiento de grano en líneas sobresalientes derivadas de H-204 F₄.

Variable	Rendimiento de grano		
	Riego	Temporal	Sequía
ASI	-0.33	-0.17	-0.13
IC	0.38	0.57**	0.83**
Mz/Pl	0.52*	0.74**	0.73**

*,** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

El número de mazorcas por planta fue otra característica estrechamente asociada al rendimiento, pues se observaron correlaciones positivas y significativas en los tres ambientes de evaluación (Cuadro 6); se esperaba entonces que la selección de líneas que tuvieran mayor Mz/Pl bajo sequía, tendrían mayores posibilidades de producir grano y ser más resistentes a la sequía. Zea *et al.* (1989) y Bolaños y Edmeades (1989) obtuvieron también correlaciones altas entre el rendimiento y el número de mazorcas por planta en poblaciones tropicales mejoradas para resistencia a sequía; además, estos últimos investigadores ya han utilizado esta característica como criterio de selección con resultados positivos.

CONCLUSIONES

Se identificaron seis líneas élite de buen potencial de rendimiento y producción de materia seca. Estas líneas, superaron al grupo no seleccionado por 0.4 a 0.8 ton/ha de grano a través de ambientes y fueron en promedio dos días más precoces.

En el primer ciclo de selección de líneas S₁ de la variedad H-204 F₄, se logró incre-

mentar la precocidad del compuesto, en cinco días y se mantuvo el potencial de rendimiento de la variedad original, especialmente bajo sequía.

El compuesto generado tuvo un comportamiento similar al híbrido H-204 (material resistente a la sequía) en precocidad, rendimiento, producción de materia seca y en características de planta y de mazorca, con la ventaja de ser una variedad de polinización abierta.

El número de mazorcas por planta y el índice de cosecha fueron las características que más correlacionaron con el rendimiento, principalmente bajo condiciones de temporal y de sequía; lo cual sugiere considerarlas como variables de selección.

BIBLIOGRAFIA

- Bolaños, J. y G.O. Edmeades. 1989. Cambios en la población Tuxpeño sequía después de ocho ciclos de mejoramiento para resistencia a sequía. XXXV Reunión Anual del PCCCMCA, San Pedro Sula, Honduras. Abril 2-9, 1989. pp. 634-645.
- _____ y _____. 1990. La importancia del intervalo de la floración, en el mejoramiento para resistencia a sequía en maíz tropical. Agron. Mesoamericana. 1:45-50.
- Castro R., V.M., M. Luna F. y J.R. Gutiérrez S. 1989. Selección para resistencia a sequía en VS-201, Comp. Cal-74 y Zac-58, bajo el esquema riego-sequía en Durango y Zacatecas. En: Investigación de maíz en el CIANOC. Resultados y avances hasta 1985. Zapata A. y Luna F. (Comps.). Pub. Esp. No. 2. SARH-INIFAP-CIFAP, ZAC. pp. 30-37.
- Edmeades, G.O., H.R. Lafitte and J. Bolaños. 1990. Selection for abiotic stress tolerance in maize. Proceeding of the Fourth Asian Regional Workshop, Sept. 23-27, 1990, Islamabad, Pakistan. pp. 230-268.

- Fischer, K., G.O. Edmeades and E.C. Johnson 1989. Selection for the improvement of maize yield under moisture-deficits. *Field Crops Res.* 22: 227-243.
- Hallauer, A.R. and J.B. Miranda Fo. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. 2nd edition 1988. Iowa State University Press, Ames, Iowa. pp. 227-229.
- Hurd, E.A. 1974. Phenotype and drought tolerance in wheat. *Agric. Meteor.* 14:39-55.
- _____. 1976. Soil water measurement, plant responses and breeding for drought resistance. In: *Water deficits and plant growth*. T.T. Kozlowski (ed.). Vol. IV. Academic Press, New York. pp. 317-353.
- Lafitte, H.R. and G.O. Edmeades. 1988. An update on selection under stress: selection criteria. In: *Towards self-sufficiency: A proceeding of the Second Eastern, Central and Southern African Maize Workshop*. B. Gelaw (ed). March 16-20, 1987, Harare, Zimbabwe. The College Press, Harare. pp. 309-331.
- Ludlow, M.M. and R.C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Adv. Agron.* 43:107-153.
- Márquez S., F. 1985. Genotecnica vegetal. Métodos teoría resultados. Ed. AGT EDITOR, S.A. México, D.F. Tomo I. pp. 255-267.
- Martín del Campo V., S., A. Peña R. y R.J. Zapata A. 1991a. Evaluación de líneas de maíz bajo condiciones críticas. Resúmenes Cuarta Reunión de Investigación Forestal y Agropecuaria de Aguascalientes. SARH-INIFAP-CIRNOC-CE, Pabellón, Ags. Méx. p. 65.
- _____, _____ y _____. 1991b. La investigación fisiotécnica en maíz de temporal en Aguascalientes. *REVISTA FITOTECNIA MEXICANA*. 14:229-239.
- Peña R.A., S. Martín del Campo V. y R.J. Zapata A. 1989. Respuesta a la sequía de un híbrido de maíz y su generación F₄. *REVISTA FITOTECNIA MEXICANA* 12:32-44.
- _____. 1991. Resistencia a la sequía en plantas cultivadas. Memoria ciclo de seminarios técnicos CAEPAB, 1987. Pub. Esp. No. 18. SARH-INIFAP-CIFAP, AGS. Vol. 1:29-40.
- Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop. Sci.* 21: 943-946.
- Shaw, R.H. 1976. Water use requirements of maize - a review. *Agrometeorology of the maize (Corn) Crop*. World Met. Org. Publ. 481. pp. 119-134.
- Zea J.L., J.L. Quemé, L. Brizuela y H. Córdova. 1989. Efecto de la selección recurrente por sequía sobre el rendimiento y características agronómicas de líneas S₁ de maíz (*Zea mays* L.) evaluadas en tres ambientes. Informe de investigación proyecto colaborativo en agronomía. Programa regional de maíz CIMMYT-CENTROAMERICA. pp. 135-156.