

ENSAYO DE RENDIMIENTO CON VARIEDADES SINTETICAS DE MAIZ BLANCO
BAJO CONDICIONES DE RIEGO

Roberto Antonio Vega Lara *
Manuel de J. Cortez Flores**
Raúl Rodríguez Sosa***

COMPENDIO

Diecinueve variedades sintéticas de maíz blanco fueron evaluadas en 1975, en ensayos de rendimiento comparadas con cuatro variedades comerciales testigo. El experimento se realizó en la Estación Experimental Agrícola de San Andrés. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Estas variedades sintéticas resultaron ser estadísticamente iguales en rendimiento a las variedades testigo, sin embargo el sintético (12578) formado por 5 líneas endogámicas de alta aptitud combinatoria, obtuvo un rendimiento de 6.22 toneladas por hectárea, superando en un 10 por ciento al híbrido comercial de maíz H-3 que es uno de los mejores híbridos de El Salvador. Se recabaron otros datos como altura de planta, altura de mazorca, por ciento de acame, resistencia a plagas y enfermedades, textura de grano. Las variedades sintéticas ofrecen una apreciable cantidad de heterosis, incrementando la producción anual de semillas en áreas marginadas en donde la producción de semilla híbrida es impráctica.

INTRODUCCION

Existe actualmente en el área centroamericana un crecimiento demográfico extraordinariamente rápido, siendo El Salvador el país que ocupa uno de los primeros lugares en éste incremento de población por unidad de superficie, la producción de alimentos aumenta; pero no lo suficiente y los incrementos se deben tanto a la expansión de la superficie cosechada como a los mejores rendimientos por unidad de superficie; el agricultor de escasos recursos sigue sembrando sus variedades criollas de maíz, obteniendo de ellas pobres producciones, la cual no le complementa su dieta alimenticia. El Programa Nacional de Maíz, de El Salvador, notando las necesidades de estos agricultores de aumentar la producción de alimentos, tuvo un objetivo y fue el de producir variedades de maíz de polinización libre para que el agricultor de las áreas marginadas siempre las variedades sintéticas ya que ofrecen una gran oportunidad de utilizar una apreciable cantidad de heterosis, aumentando así la producción anual de semilla de maíz.

* Ingeniero Agrónomo, M.C. Jefe del Departamento de Fitotecnia, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. (CENTA) Ministerio de Agricultura y Ganadería El Salvador C.A.

** Ing. Agr. Encargado del Programa Nacional de Mejoramiento de Maíz, Depto. de Fitotecnia, CENTA-MAG. El Salvador C.A.

*** Agrónomo Encargado del Programa Nacional de Mejoramiento de Maíz. Depto. de Fitotecnia, CENTA-MAG. El Salvador, C.A.

REVISION DE LITERATURA

Robinson, Comstock y Harvey (8), han demostrado que la varianza genética aditiva del rendimiento es muy importante en variedades de polinización libre. Las experiencias efectuadas con la selección recurrente y otros métodos de mejoramiento genético en los que se han encontrado grandes diferencias en la productividad de las plantas en poblaciones de polinización libre.

Wright, citado por Córdova (2) estableció el siguiente principio; Una población bajo apareamiento aleatorio derivado de n familias endogámicas tendrá $1/n$ menos superioridad sobre sus ancestros que la primera cruce o la generación de apareamiento aleatorio de donde las familias endogámicas fueron derivadas por selección.

Gilmore (4), en un estudio del efecto de la endogamia de las líneas escogidas como padres sobre los rendimientos predichos de las variedades sintéticas, partiendo de la fórmula de Wright, encontró que se pueden producir sintéticos, utilizando líneas altamente endogámicas.

Allard (1), dice que es una ventaja usar líneas S_1 en la producción de sintéticos de maíz, ya que esto evita el uso de líneas endogámicas de bajo rendimiento. Córdova (2) afirma que partiendo de líneas endogámicas, derivadas de una fuente de germoplasma con amplia variabilidad genética, y evaluadas por su aptitud combinatoria, se pueden formar variedades sintéticas con elevado potencial de rendimiento, siempre y cuando éstas variedades estén formadas con las cruces posibles de las líneas de más alta aptitud combinatoria. Establece que los sintéticos se pueden avanzar por polinización libre hasta alcanzar el grado de ligamiento.

Lonnquist (6), usó líneas S_1 derivadas de la variedad de maíz "Krug Yellow Dent" seleccionadas en base a su aptitud combinatoria general y seleccionó a las mejores 8 líneas en base al comportamiento de mestizos formados con la variedad original, y formó un compuesto que se llamó "sintético bajo". Estos 2 compuestos fueron llevados a 3 generaciones avanzadas de apareamiento aleatorio. Las generaciones F_2 y F_3 de los sintéticos alto y bajo se les llamó sintético 2 y sintético 3 respectivamente. Los 4 sintéticos fueron comparados en ensayos de rendimiento con la variedad original y un híbrido comercial. Los sintéticos 2 y 3 superaron a la variedad original en rendimiento y el sintético 3 igualó al híbrido US-13 en rendimiento.

Penny (7), estudió la diferencia de rendimiento y aptitud combinatoria de 5 sintéticos de maíz y la variedad original desarrolladas de la misma variedad original, un sintético de 10 líneas formado por líneas elite derivadas de la variedad original y 3 sintéticos desarrollados por métodos de selección recurrente en otros programas.

Los 4 sintéticos y la variedad original fueron evaluados en ensayos de rendimiento en comparación a la variedad original, las cruces posibles entre ellas y los 4 testigos fueron evaluados en ensayos de rendimiento en 13 ambientes. Todos los sintéticos seleccionados fueron superiores a la variedad original. Los resultados indicaron una ganancia de 1 a 2.5 por ciento de selección para las líneas desarrolladas por selección recurrente.

Eberhart y Russel (3), define una variedad estable como aquella que responde a diferentes medio ambiente con una media de rendimiento alta, un coeficiente de regresión igual a uno y desviación de regresión al cuadrado iguales a cero.

Según Córdova (3), una variedad deseable sería aquella que tuviera una media de rendimiento alta en todos los ambientes donde se siembre y que su genotipo no interaccione con el medio ambiente medido por los parámetros de estabilidad. Desde el punto de vista de las variedades sintéticas de maíz es común decir que debido a que estas variedades tienen una amplia base genética, hablando en términos de varianza, dichas variedades serán más adaptables a diversos ambientes.

Hoenk y Andrew (5), estudiaron la aptitud combinatoria de una variedad cristalina de polinización libre, un sintético dentado, dos cristalinos, dos cristalinos dentados y tres líneas dentadas S_2 y S_3 . Estos materiales fueron combinados sistemáticamente haciendo mestizos, cruza simples, dobles y triples, luego las combinaciones resultantes y sus progenitores fueron sembrados bajo un diseño experimental de látice triple 9 x 9. Una gran diferencia en aptitud combinatoria ^{fué} encontrada entre las líneas S_2 y en forma similar entre las S_3 . Los mestizos que involucran a la variedad de polinización libre cristalina fueron más bajos en rendimientos que los del sintético dentado. Córdova (2) establece que la media de rendimiento de aquellos sintéticos en los cuales el número de líneas endogámicas es mínimo (2 a 3) será menor que la media de rendimiento de la variedad original de donde se seleccionaron los padres.

MATERIALES Y METODOS

Materiales Genéticos

Los sintéticos de maíz formados y evaluados en este trabajo, provienen de las cruza posibles entre 8 líneas endogámicas S_4 , seleccionadas por su aptitud combinatoria. Estas líneas fueron derivadas de la variedad de maíz de polinización libre "La Posta" que es un sintético compuesto por 15 líneas tropicales formadas por el Programa de Mejoramiento de Maíz de CIMMYT en 1963. Estas 8 líneas derivadas pertenecen a la raza Tuxpeño y fueron desarrolladas bajo el subproyecto de: "Formación de Híbridos" dentro del Programa Nacional de Mejoramiento de Maíz.

Formación de Sintéticos

Para formar los sintéticos de maíz, se tomaron los siguientes aspectos:

- a) Cada sintético se formó con las cruza posibles de un número determinado de las líneas involucradas.
- b) Las líneas que dieron origen a los diferentes sintéticos estuvieron involucrados el mismo número de veces dentro de cada grupo de sintéticos.

En el año 1973 en la Estación Experimental de San Andrés se formaron 71 sintéticos los cuales se recombinaron durante 2 ciclos.

En la misma Estación Experimental, durante el año de 1974 estos sintéticos fueron evaluados comparándolos con 11 testigos, bajo un diseño experimental de látice 9 x 9 con dos repeticiones. De ésta evaluación se seleccionaron los mejores 19 sintéticos to mando como base sus altos rendimientos y otras características a gronómicas deseables.

Durante el año 1975, estos 19 sintéticos fueron evaluados en pruebas de rendimiento, comparados con un compuesto balanceado de la variedad de polinización libre CENTA M1-B y los híbridos co--merciales H-3, H-5 y la variedad Tuxpeño x Eto como testigos (cuadro 1). Este ensayo de rendimiento se hizo bajo un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones. El tamaño de parcela utilizado fue de 2 surcos de 5 metros de largo, separados a 90 centímetros cada surco y a 50 centímetros entre mata y mata. Se sembraron surcos de 11 matas, dejando finalmente 2 plantas por mata.

La siembra se realizó el 23 de noviembre y la cosecha el 16 de marzo de 1975. Los datos de rendimiento se tomaron en la parcela útil de 40 plantas con competencia completa, la cual dio una área de unidad experimental de 9 metros cuadrados.

Para el análisis de varianza y comparación de medias de rendimiento fue ajustado a kilogramos por parcela de mazorca al 15 por ciento de humedad.

VARIABLES ESTUDIADAS

Días a floración masculina:

Se tomó cuando el 50 por ciento de antesis estaba presente

Altura de planta:

Se tomó una muestra de 10 plantas por parcela; del suelo a la base de la inflorescencia masculina.

Altura de mazorca:

Se tomó una muestra de 10 plantas por parcela; del suelo al nudo donde está colocada la mazorca superior.

Acame:

Se tomó en base a una escala de 1-5 en la cual 1, es más tolerante al acame y 5, totalmente acamado.

Rendimiento:

Se cosecharon 40 plantas con competencia completa y el rendimiento, se ajustó a kilogramos por hectárea de mazorca al 15 por ciento de humedad.

Pudrición de mazorca:

Se contó el número de mazorcas podridas, colocando su porcentaje.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION

El principal objetivo del presente trabajo fue el de evaluar el rendimiento de grano, en las 19 variedades sintéticas.

El cuadro 1, muestra las 23 variedades evaluadas, con su genealogía y origen respectivo. En el cuadro 2, se muestran las medias de rendimiento en kilogramos por parcela, transformados a toneladas por hectárea, y el porcentaje relativo en rendimiento de grano al mejor híbrido comercial H-3.

Los resultados de rendimiento por parcela se analizaron estadísticamente para determinar la variación de rendimiento de las variedades sintéticas, no encontrándose diferencia significativa entre estas variedades, y las variedades testigo (cuadro 3). Según la prueba de Duncan, (cuadro 4) las variedades sintéticas resultaron ser estadísticamente iguales a las variedades testigo, sin embargo al ser comparados en porcentaje relativo al híbrido H-3, observamos que los cuatro mejores sintéticos (SA73-A-2224, 2206, 2211, 2241) superaron al H-3 en un promedio del 10 por ciento en rendimiento.

Cuadro 1. Sintéticos y Testigos Evaluados en la Estación Experimental Agrícola de San Andrés, El Salvador 1975-B

Nº de Entrada	Genealogía	Origen
1	Sin (34)	2183 S.A. 73-A
2	" (128)	2191
3	" (256)	2196
4	" (348)	2201
5	" (356)	2202
6	" (456)	2204
7	" (567)	2206
8	" (1256)	2211
9	" (3478)	2214
10	" (5678)	2215
11	" (12578)	2224
12	" (34567)	2232
13	" (35678)	2236
14	" (45678)	2237
15	" (123478)	2240
16	" (125678)	2241
17	" (1235678)	2247
18	" (1245678)	2248
19	" (12345678)	2251
20	Compuesto balanceado	CENTA M1-B
21	H-3	S.A. 72-B
22	H-5	S.A. 72-B
23	Tuxp. x Eto.	

Cuadro 2. Rendimiento de grano al 15 por ciento de humedad en toneladas por hectárea de 19 variedades Sintéticas y 4 variedades Testigo.

No.	Tratamientos	Kilogramos/ parcela.	Kilogramos/ hectárea.	Toneladas/ hectáreas	% Relativo al H-3
1	S.A. 73-A-2183	4.88	5422.22	5.42	98.54
2	S.A. 73-A-2191	5.27	5855.55	5.86	106.54
3	S.A. 73-A-2196	4.48	4977.77	4.98	90.54
4	S.A. 73-A-2201	4.19	4655.55	4.66	84.72
5	S.A. 73-A-2202	5.24	5822.22	5.82	105.81
6	S.A. 73-A-2204	4.35	4833.33	4.83	87.81
7	S.A. 73-A-2206	5.46	6066.66	6.07	110.36 ⁺
8	S.A. 73-A-2211	5.45	6055.55	6.06	110.18 ⁺
9	S.A. 73-A-2214	5.23	5811.11	5.81	105.63
10	S.A. 73-A-2215	5.07	5633.33	5.63	102.36 ⁺
11	S.A. 73-A-2224	5.60	6222.22	6.22	111.07 ⁺
12	S.A. 73-A-2232	5.28	5866.66	5.87	106.72
13	S.A. 73-A-2236	5.22	5800.00	5.80	105.45
14	S.A. 73-A-2237	4.95	5500.00	5.50	100.00
15	S.A. 73-A-2240	4.40	4888.88	4.89	88.90 ⁺
16	S.A. 73-A-2241	5.38	5977.77	5.98	108.72 ⁺
17	S.A. 73-A-2247	4.93	5477.77	5.48	99.63 ⁺
18	S.A. 73-A-2248	5.37	5966.66	5.97	108.54 ⁺
19	S.A. 73-A-2251	4.97	5222.22	5.22	94.90
20	CENTA M1-B	4.58	5088.88	5.09	92.54
21	H-3	4.95	5500.00	5.50	100.00
22	H-5	4.93	5477.77	5.48	99.63
23	Eto x Tuxpeño	4.73	5255.55	5.26	95.63

+ Mejores sintéticos

Cuadro 3. Análisis de Varianza para rendimiento de grano al 15 por ciento de humedad en kilogramos por hectárea.

Factor de variación	G.L	S.C.	G.M	F.C.	"F"	
					5%	1%
Repeticiones	3	3.45	1.15	3.03 ⁺	2.75	4.10
Tratamientos	22	13.44	0.61	1.61 ^{ns}	1.73	2.18
Error	66	24.75	0.38			
Total	91	41.64				

+ = Significativo al 5 por ciento

ns = No significativo

Coefficiente de variabilidad: 12.40

Cuadro 4. Prueba de "Duncan" para diferencias entre rendimientos de variedades de maíz, en San Andrés, 1975-1976.

Variedades	Medias	Diferencia entre medias.	
11	5.60	a	
7	5.46	a	b
8	5.45	a	b
16	5.38	a	b
18	5.37	a	b
12	5.28	a	b
2	5.27	a	b
5	5.24	a	b
9	5.23	a	b
13	5.22	a	b
10	5.07	a	b
19	4.97	a	b
14	4.95	a	b
21	5.95	a	b
17	4.93	a	b
22	4.93	a	b
1	4.88	a	b
23	4.73	a	b
20	4.58	a	b
3	4.48		b
15	4.40		b
6	4.35		
4	4.19		

Nota: Variedades con igual literal significa que son iguales estadísticamente al 95 por ciento de probabilidades.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo es una evidencia del potencial que representa la formación de variedades sintéticas, partiendo de líneas endogámicas seleccionadas por su alta aptitud combinatoria y derivadas de fuentes con amplias bases genéticas.

En el cuadro 5 observamos que los mejores sintéticos fueron los constituidos dentro de un rango de 3 a 6 líneas endogámicas y que superaron en 10 por ciento al híbrido comercial de maíz - H-3.

Cuadro 5. Mejores variedades Sintéticas comparadas con el Híbrido Comercial H-3.

No	Variedades	Líneas involucradas.	Kilogramos por parcela.	Toneladas por hectárea	% relativo al H-3
11	SA 73 A 2224	12578	5.60	6.22	111.07
7	SA 73 A 2206	567	5.46	6.07	110.36
8	SA 73 A 2211	1256	5.45	6.06	110.18
16	SA 73 A 2241	125678	5.38	5.98	108.72
21	H-3	- - -	4.95	5.50	100.00

Estos resultados coinciden con lo establecido por Córdova (2) quien establece que el mejor sintético debe involucrar 5 líneas y que el número óptimo debe estar dentro de un rango de 4 a 8 líneas, dependiendo de la aptitud combinatoria de las líneas escogidas como padres.

En el cuadro 6 se observan las características agronómicas de días a flor, altura de planta y mazorca, acame de tallo y de raíz, y por ciento de pudrición de mazorca.

Cuadro 6. Características Agronómicas de 19 Sintéticos y 4 testigos. San Andrés, El Salvador C.A.

	Días a flor	Altura de		ACAME DE		% de Pudrición de mazorcas.
		Planta	Mazorca	Tallo	Raíz	
1	70	230	126	1.0	1.0	5.3
2	69	232	130	1.1	1.1	4.1
3	70	235	128	1.0	1.0	0.7
4	72	226	117	1.0	1.0	1.4
5	72	223	120	1.1	1.0	2.7
6	72	232	122	1.0	1.0	3.5
7 ⁺	71	251	133	1.0	1.0	2.7
8 ⁺	71	242	130	1.1	1.0	2.7
9	68	233	128	1.1	1.0	2.0
10	70	246	127	1.0	1.7	2.6
11 ⁺	70	232	130	1.2	1.3	2.0
12	71	236	128	1.2	1.0	3.2
13	71	235	123	1.1	1.0	3.3
14	71	242	130	1.3	1.1	0.6
15 ⁺	70	222	121	1.0	1.6	0.7
16 ⁺	69	233	125	1.0	1.1	2.5
17	69	246	132	1.1	1.1	4.0
18	70	253	135	1.1	1.1	3.5
19	69	230	127	1.0	1.1	2.1
20	68	225	122	1.1	1.0	6.2
21 ⁺	66	217	113	1.0	1.1	0.8
22	70	235	127	1.0	1.1	1.5
23	68	208	113	1.1	1.0	2.0

+ = Mejores Sintéticos

CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo establecido y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se puede concluir:

1. Partiendo de líneas endogámicas derivadas de fuentes con amplia variabilidad genética y probadas sus aptitudes combinatorias se puede obtener variedades sintéticas con alto potencial de rendimiento siempre y cuando estas variedades estén formadas con las cruzas posibles de las líneas de más alta aptitud combinatoria.
2. Los mejores sintéticos estuvieron formados dentro de un rango de 3 a 8 líneas, coincidiendo lo establecido por cordova (2).

3. Las variedades sintéticas fueron estadísticamente iguales a las variedades comerciales testigo, sin embargo - superaron en un 10 por ciento en rendimiento al híbrido comercial H-3.

RECOMENDACIONES

Es conveniente que estas variedades sintéticas sean probadas en varias localidades para evaluar las diferentes variaciones de cada variedad.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD, R.W. Principles of plant breeding. John Wiley and Sons, Inc. New York. págs. 303-317. 1960.
2. CORDOVA, H.S. Efecto del número de líneas endogámicas sobre el rendimiento y estabilidad de las variedades sintéticas, derivadas en maíz (ZEA mays, L) Tesis de Maestro en Ciencias. Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-Graduados, Chapingo, México 1975.
3. EBERHART, S.A. and W.A. RUSSELL. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40. 1966.
4. GILMORE, E.C. Effect of inbreeding of parental Lines on predicted yields of synthetics. Crop Sci. 9:102-104. 1969.
5. HOENK and ANDREW, R.H. Performance of corn hybrid with various of flintdent germplasm. Jour 51:451-459. 1959.
6. LONNQUIST, J.H. The development and performance of synthetic varieties of corn. Agr. Jour. 41:153-156. 1949.
7. PENNY, L.H. Selection induced differences among strains of a synthetic variety of maize. Crop Sci. 8:167-171. 1968.
8. ROBINSON, H.F COMSTOCK, R.E. and P.H. HARVEY. Genetic variances in open pollinated varieties of corn. Genetic 40:45-60. 1955.