

# ESTIMACIÓN DE APTITUD COMBINATORIA DE LÍNEAS ENDOGÁMICAS Y PREDICCIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA, GUATEMALA, 1988<sup>1</sup>

*Nery Soto León<sup>2</sup>, Mario Roberto Fuentes<sup>2</sup>*

## COMPENDIO

Los híbridos de maíz de grano amarillo de alta calidad de proteína presentan una ventaja comparativa, que los carotenos son más fácilmente asimilables que en los híbridos normales, esta ventaja puede impulsar su uso en la industria de concentrados para la avicultura. En el presente estudio se evaluaron 91 cruza posibles, provenientes de 14 líneas endogámicas del programa de híbridos del CIMMYT. Las cruza simples superiores mostraron una adaptación notable en el área de La Máquina, costa del Pacífico de Guatemala, expresando rendimientos hasta de 7000 kg/ha y excelentes características agronómicas, sanidad de mazorca, uniformidad y tipo de planta, superando al mejor testigo normal en una tonelada por hectárea de grano. Los progenitores 2, 1 y 6 mostraron los valores más altos de aptitud combinatoria general y participaron en las mejores combinaciones específicas y el mejor rendimiento promedio a través de sus combinaciones híbridas. El nivel de rendimiento, características agronómicas y estabilidad del endosperma modificado, de las cruza que se utilizaron como hembras en la formación de híbridos dobles o triples, sugiere una nueva alternativa que puede impulsar el uso de los maíces de alta calidad de proteína en la zona tropical baja de Guatemala.

---

Palabras clave adicionales: Carotenos, semilla, *Zea mays*.

---

## INTRODUCCION

El Programa de Maíz ha generado variedades e híbridos de maíz con alto potencial de rendimiento y buenas características agronómicas; sin embargo, estos maíces son deficientes en lisina y triptófano, que son aminoácidos esenciales para la vida animal y para el hombre, quienes necesitan tener una fuente de proteína que contenga suficiente lisina y triptófano para satisfacer sus necesidades.

Los esfuerzos por mejorar la calidad de proteína en el grano de maíz, se iniciaron en 1896 cuando la Universidad de Illinois dio la primera evidencia de que el contenido de proteína y aceite del maíz podría incrementarse o disminuirse considerablemente por fitomejoramiento (CIMMYT-PURDUE, 1977). Woodworth y Jugenheimer (1948) demostraron que el contenido de proteína de las líneas puras podría incrementarse substancialmente por medio de cruza regresivas y selección.

Muchos esfuerzos se han realizado con tal propósi-

## ABSTRACT

Yellow grain hybrids of high quality protein can provide a comparative advantage because carotenoids found in these materials are more easily taken up compared to normal hybrids. This advantage could provide added benefits within the poultry industry. In this study, 91 possible crosses coming from 14 endogamic lines from the CIMMYT maize hybrid program were evaluated. The single crosses demonstrated superior adaptation notable in the coastal plain of Guatemala having grain yields approaching 7.0 Mg/ha along with excellent agronomic traits, decreased ear rot and uniform plant type. Superior hybrids demonstrated increased yields (average increase of 1 Mg/ha) versus the best natural check. Inbred parents 2, 1 and 6 demonstrated the highest values for general combinability and they were also amongst the best specific crosses. The yield levels, agronomic characteristics and the expression of stability in the modified endosperm of the single crosses that can be used as females to produce seed for double and three way crosses, suggests a new production alternative that could enhance the use of yellow grain hybrids of high protein quality in the tropical lowlands of Guatemala.

---

to, que van desde la formación de variedades de polinización libre hasta híbridos; de esta manera, el Programa de Maíz del ICTA generó la variedad NUTRICTA.

Actualmente, el Programa de Maíz, tomando en consideración la importancia que tiene para nuestro pueblo la generación de materiales con alta calidad de proteína, durante el año 1988 evaluó cruza dialélicas formadas en CIMMYT, cuyo objetivo es identificar aquellas líneas que tengan buena aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica de sus cruza F1 (ACE) tratando de encontrar un tipo de grano cristalino y buenas características agronómicas y cuyo contenido de lisina y triptófano sea superior al del maíz normal (mínimo 0.8 de triptófano).

---

<sup>1</sup>Trabajo presentado en la XXXV Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras, abril, 1989.

<sup>2</sup>Coordinador Programa de Maíz, ICTA, y Técnico Programa de Maíz, ICTA, respectivamente.

Publicado en *Agronomía Mesoamericana*, 1 (1990).

## REVISION DE LITERATURA

El maíz es la base de la alimentación humana en muchos países y Guatemala no es la excepción. En los años sesenta, la mayoría de los nutricionistas coincidían en que la malnutrición en países en desarrollo, se debía principalmente a una dicta a base de alimentos de baja calidad proteínica como el maíz, el cual se sabe es deficiente en lisina y triptófano, dos de los aminoácidos esenciales en la dicta M ser humano y de los animales monogástricos.

Mertz *et al* (1964), reportaron que el gene opaco-2, un mutante del endosperma del grano de maíz, incrementaba en un 100% el contenido de lisina y triptófano en el endosperma. Por metodologías de fitomejoramiento y a través de retrocruzamiento, comenzaron a introducir el gene opaco-2 en los mejores materiales normales de maíz disponibles en ese momento; sin embargo, los resultados de campo obtenidos por ellos no fueron muy alentadores, debido a que los materiales con el gen de calidad de proteína rendían de 10 a 15% menos que los materiales normales y con susceptibilidad a plagas y enfermedades (CIMMYT-PURDUE, 1977).

Gardner y Eberhart (1966) indican que el cruzamiento dialélico es de considerable valor para los mejoradores de plantas para tomar decisiones concernientes al tipo de sistemas de mejoramiento a usar. Jenkins (1940) afirma que los ensayos para aptitud combinatoria pueden hacerse en etapa temprana en el proceso de obtención de líneas puras y esta metodología es capaz de producir híbridos e identificar líneas superiores y señala que la capacidad de rendimiento depende del número de alelos dominantes llevados por las líneas favorables (Violic *et al*, 1972).

Dentro del proceso de formación de híbridos, la predicción de la formación de híbridos, basada en los resultados de los cruces dialélicos proporciona información sobre el desempeño de las tres posibles combinaciones de cruces dobles que incluyan cuatro líneas puras y Jugenheimer citado por Larios (Larios *et al*, 1988), encontró que el método "B" es el que tiene la base genética más firme para predecir híbridos y es un paso en la producción de híbridos que permite detectar cruces con mayor heterosis que los progenitores.

Sperling (CIMMYT-PURDUE, 1977), reporta rendimientos que varían de acuerdo al tipo de grano, donde los tipos de grano normal rinden 13% más que los opacos y que los tipos de grano opaco rinde 13% más que los tipos de grano opaco modificado. Estos datos son consistentes con los datos reportados para materiales de regiones templadas.

La producción comercial de variedades híbridas conduce al fitomejorador a poner en práctica diferentes pasos necesarios para el desarrollo de los mismos, y como resultados de investigaciones básicas efectuadas en el maíz, Kalton y Leffel (1955) desarrollaron el concep-

to de aptitud combinatoria y su importancia en la mejora de plantas.

Sprague y Tatum (1942) en relación al comportamiento relativo de líneas al ser cruzadas: Aptitud combinatoria general y específica. Para ellos, ACG se usa para designar el comportamiento medio de una línea en combinaciones híbridas y ACE, para designar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones son relativamente mejores o peores que aquellas que se esperarían en base al comportamiento medio de líneas consideradas. Los mismos autores señalan que la ACG se debe a efectos génicos aditivos y ACE a tipos de acción génica no aditiva como dominancia, epistasia y varias clases de interacción de factores (Violic *et al*, 1972).

## MATERIALES Y MÉTODOS

a. Localización. El presente estudio se realizó en la localidad La Máquina, Guatemala.

b. Diseño y Tratamientos: El diseño que se utilizó fue látice 9 x 9, con 81 tratamientos y 3 repeticiones.

c. Fecha de Siembra y Cosecha: La fecha de siembra fue en junio y se cosechó en octubre; la distancia de siembra fue de 0.75 m entre surcos y 0.50 m entre plantas; se depositaron 3 granos por postura para dejar 2 plantas al raleo 15 días después de siembra.

d. Variables Respuestas:

- Rendimiento al 15% de humedad del grano
- Días a floración
- Altura de planta y mazorca
- % acame de raíz y tallo
- % mazorcas podridas y descubiertas
- Contenido de triptófano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los estadísticos del análisis de varianza para rendimiento, se encontró diferencias altamente significativas entre genotipos evaluados. El coeficiente de variación de 9% indica confiabilidad en los resultados obtenidos.

**Cuadro 1.** Estadístico para rendimiento de dialélicos amarillos de alta calidad de proteína. Guatemala. 1988.

X Rend. kg/ha	% DMS	F CV	Trat.
5725	894	9	**

\*\* Significancia al 1%.

En el Cuadro 2 se observan las medias de rendimiento y características agronómicas de las mejores

**Cuadro 2.** Medias de rendimiento y características agronómicas de las siete cruzas superiores. Guatemala, 1988

Dialélico	Trip.	X Rendimiento kg/ha	% S/HA-46	Días Flor	Altura (cm)		% Mazorca		%S/HA-46 Rel. C.P.
					Plta.	Mzca.	Desc.	Pod.	
P2 x P1	0.071	7050	139	53	222	128	2	2	186
P1 x P6	0.070	6890	135	53	213	130	3	1	179
P2 x P10	0.086	6800	134	53	205	120	12	3	216
P4 x P10	0.076	6780	133	51	202	112	4	1	191
P1 x P10	0.076	6690	131	54	210	127	1	2	198
P2 x P6	0.084	6580	129	54	222	122	5	0	205
P4 x P6	0.064	6410	126	52	200	112	0	2	152
Testigos*									
Exp. 112	0.060	6150		53	213	117	2	1	
HA-46	0.053	5090	100	54	213	120	2	0	100
DMS		894							

\*Grano normal.

cruzase evaluación, en donde sobresale la cruza P2 x P11, con 7050k superando en 39% al híbrido HA-46 normal.

En el Cuadro 3 se puede observar la media de rendimiento de cada una de las líneas a través de las diferentes cruzas. cuy; media de rendimiento máximo se tiene con la línea P3 (6461 kg/ha) y la mínima con la línea P4 (5154 kg/ha). La ACG más alta se obtuvo con la línea P3 con 705 kg/ha. También R encontró ACG negativa con las líneas P8, P9 y P4.

De todas las líneas que intervinieron en el dialelo, la línea P3 mostró, la mejor combinación específica con 1255 kg/ha, pero a su vez, esta línea mostró combinaciones específicas bajas hasta por 96 kg/ha.

También es importante señalar que se identificaron líneas que para nuestro propósito no tienen importancia, dado que no mostraron ACG negativa y combinaciones específicas muy bajas, como por ejemplo la línea P8.

**Cuadro 3.** Media de rendimiento en kg/ha, valores máximos y mínimos en kg/ha de ACE y ACG de líneas de maíz amarillo con alto contenido de proteína (dialélico s). Guatemala, 1988\*.

Línea	Media Rend. kg/ha	ACG	Máxima ACE	Mínima ACE
2(P3)	6465	705	1255	096
1(P2)	6376	616	1052	185
6(P7)	6071	311	765	245
9(P10)	5975	215	943	426
4(P5)	5922	162	737	612
5(P6)	5875	114	665	-657
7(P8)	5675	-085	443	-2215
8(P9)	5475	-286	562	-2415
12(P4)	5154	-606	517	-1135

\* Cruza simple hembra y línea o cruza simple macho.

**Cuadro 4.** Medias de rendimiento y características agronómicas de cruzas dobles y triples predichas de maíz grano amarillo de alta calidad de proteína. Guatemala, 1988.

Híbridos Predichos	X Rend. kg/ha	%S/ HA-46	Rend. Prog. Hembra	% Cob. Mzca. Pod.	% Mzca. Pod.
(P1 x P2) (P8 x P11)	6933	132	6530	7	2
(P1 x P2) (P6 x P11)	6885	131	6280	4	1
(P1 x P2) (P2 x P11)**	6783	129	7050	5	7
(P1 x P2) (P6 x P8)	6733	128	6280	6	1
(P6 x P1 1) (P1)	6955	133	6170	4	1
(PS x P1 1) (P2)	6850	131	6530	10	3
(P8 x P9) (P2)	6690	128	5940	15	3
(P1 x P2) (P6)	6582	126	6280	4	0
Testigos					
Exp. 112	5816	100		2	0
HA-46	5242			2	1

\*Cruza simple hembra y línea o cruza simple macho. Mejor cruza involucrada en la predicción, que se utilizará como hembra en la formación del híbrido.

\*\* Mejor cruza involucrada en la predicción, que se utilizará como hembra en la formación del híbrido.

Según el análisis de alta calidad de proteína, las cruzas superiores en rendimiento muestran valores de 0.064 a 0.086 gramos de triptófano en 100 gramos de muestra, comparado con los testigos de grano normal que poseen 0.053 gramos y 0.60. Es importante notar las características agronómicas de algunas cruzas, principalmente en cobertura y pudrición de mazorca, son similares a los testigos, presentando además un grano cristalino, lo cual indica una modificación del endospermo.

En base al rendimiento de las CS se realizó la predicción de híbridos dobles y triples, utilizando el método B de Jenkins (Cuadro 4), obteniendo estimaciones

máximas en rendimiento de 6.933 y 6.955 kg/ha para el híbrido doble y triple respectivamente, con lo cual se supera en 33% al rendimiento del HA-46.

Los rendimientos del progenitor hembra expresan alto potencial de rendimiento, que es un aspecto importante en la producción de semilla.

### CONCLUSIONES

1. El estadístico estimado para la variable rendimiento en el análisis de varianza, mostró diferencias altamente significativas.
2. La línea 2, a través de su mestizo, derivada del Pool 25 mostró la mejor ACE y ACG con 1255 y 705 kg/ha respectivamente.
3. Los híbridos predichos de grano amarillo, en base al comportamiento de las cruzas dialélicas mostraron rendimientos superiores, hasta 33% sobre HA-46-, asimismo, las cruzas utilizadas como hembra en la producción de semilla de los nuevos híbridos, rindieron hasta 7050 kg/ha.

4. Las características agronómicas de las cruzas simples evaluadas en el dialélico 8 son bastante aceptables, sobre todo, en cobertura y pudrición de mazorca.

### BIBLIOGRAFIA

- CIMMYT-PURDUE. 1977. Maíz de alta calidad proteínica. AID. Lima. México.
- INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS (Gua.) 1983. Nutricia. Divulgación, ICTA. Guatemala, 1983. 6 p.
- LARIOS, L. *et al.* 1988. Aptitud combinatoria de líneas y respuestas correlacionadas para rendimiento de híbridos triples y dobles de maíz. *In* Reunión de Maiceros de la Zona Andina (13) Perú, septiembre.
- MORALES, M. 1989. Programa de formación de híbridos de calidad proteínica. *In* Curso de mejoramiento y producción de semilla genética y básica con resistencia a factores bióticos y abióticos. Guatemala.
- VIOLIC, A. *et al.* 1972. Aptitud combinatoria general y específica para rendimiento y sus componentes de diez líneas de maíz. INIA. Madrid.
-