

FORMACION DE HIBRIDOS DE MAIZ (Zea mays L.)
UTILIZANDO ESTERILIDAD CITOPLASMICA*

** Hugo S. Córdova
*** Mario R. Ozaeta
**** Marco A. Dardón
***** Carlos Pérez
***** Alejandro Fuentes

INTRODUCCION

La esterilidad masculina (de herencia citoplásmica) es de vital importancia, para la producción de maíces híbridos, al hacer innecesario el costoso y a la vez impreciso desespigamiento a mano. La producción de un maíz híbrido mediante el sistema macho estéril requiere de menos trabajo y reduce el porcentaje de mezcla al evitar errores derivados de desespigas a mano.

La esterilidad masculina de tipo citoplásmico, puede producir semilla si hay polinizadores presentes. La semilla F1, puede ser fértil si los probadores genéticos utilizados poseen la capacidad de restauración de la fertilidad o por el contrario será estéril si dichos polinizadores no son restauradores. (Córdova 1971).

La herencia de la restauración de la fertilidad del polen en maíz con adroesterilidad está controlada por la acción de dos pares de genes complementario, dichos genes son dominantes y deben estar presentes en forma heterosigótica para una completa fertilidad del polen en el citoplasma Texas (Duvick 1955).

-
- * Presentado en la XXVII Reunión Anual del PCOMCA, Santo Domingo, República Dominicana, 23-27 de marzo de 1981.
- ** Especialista en Mejoramiento y Producción del Programa Regional de Maíz de CIMMYT, Centroamérica y del Caribe.
- *** Fitomejorar, Programa de Maíz, ICTA-Guatemala.
- **** Investigador Asistente Profesional I, Programa de Maíz, ICTA-Guatemala.
- ***** Técnico Investigador Asistente I, Programa de Maíz, ICTA-Guatemala.
- ***** Coordinador del Programa de Maíz, ICTA-Guatemala.

REVISION DE LITERATURA

Vahruseva (1966), encontró alguna disminución de altura de planta y mazorca y largo de mazorca en líneas e híbridos con esterilidad masculina comparados con sus parientes fértiles (isogénicos); esta depresión fue más marcada en el tipo de esterilidad Texas que en el Moldavia. La forma de esterilidad masculina de los dos tipos tienen una tendencia a formar gran número de mazorcas, son precoces e igualan o superan a los parientes fértiles en el rendimiento. Esta superioridad fue particularmente marcada en condiciones de baja humedad. Los análogos al tipo de esterilidad Moldavia fueron más rendidores que el tipo Texas.

Grogan et al (1971) reportan trabajos acerca de los efectos de la esterilidad y el factor restaurador sobre el citoplasma estéril, concluyendo que la esterilidad reduce significativamente la altura de la planta, con efecto más notorio encima de la mazorca.

Blickenstaff et al (1958) reportan que existe correlación positiva ($r = .22$) y significativa entre la altura de la planta de maíz y la fertilidad del polen; las plantas fértiles son 9.3 cms más altas que las estériles.

Duvick (1965), en un experimento realizado en 1962 en el que comparó altura de plantas con androesterilidad tipo Texas y plantas con citoplasma normal, encontró una diferencia de 13.7 cms, la cual fue estadísticamente significativa.

Sánchez-Monge (1974) dice que para poder explotar la heterosis en plantas alógamas, con producción económica de semilla híbrida, mediante androesterilidad, hay que resolver los siguientes problemas:

1. Obtener un genotipo androestéril; es decir, que no necesite emasculación artificial y que:
 - 1.1 Se reproduzca fácil y económicamente en polinización libre con otro genotipo que no difiera de él más que en el sistema determinante de la androesterilidad y
 - 1.2 Se dejó también polinizar por otros genotipos en los campos de producción de semilla híbrida.
2. Obtener otro genotipo que, además de dar un híbrido vigoroso y productivo con el estéril, sea portador de un sistema genético dominante restaurador de la fertilidad del polen.

Poehlman (1973) dice que la esterilidad masculina citoplásmica se incorpora a líneas autofecundadas específica mediante cruza regresivas repetidas y selección con respecto al genotipo del progenitor recurrente. Las líneas con esterilidad masculina creadas por este procedimiento contiene solamente genes del progenitor recurrente y citoplasma del progenitor no recurrente, ver Figura 1.

Zpludzeva y Palilava (1966) afirman que la esterilidad de los híbridos depende de la combinación de la fuente de esterilidad citoplásmica con genotipos de líneas las cuales tienen la habilidad de estabilizar la esterilidad citoplásmica.

Brewbaker (1967) dice que en los cultivos de maíz es indispensable que los híbridos produzcan polen. En el polen del progenitor masculino deben haber genes que contrarrestan la esterilidad impuesta por el citoplasma al progenitor hembra. Los híbridos citostériles que poseen tales genes restauradores producen polen funcional y pueden servir de polinizadores para la producción de semillas en las siembras de plantas híbridas.

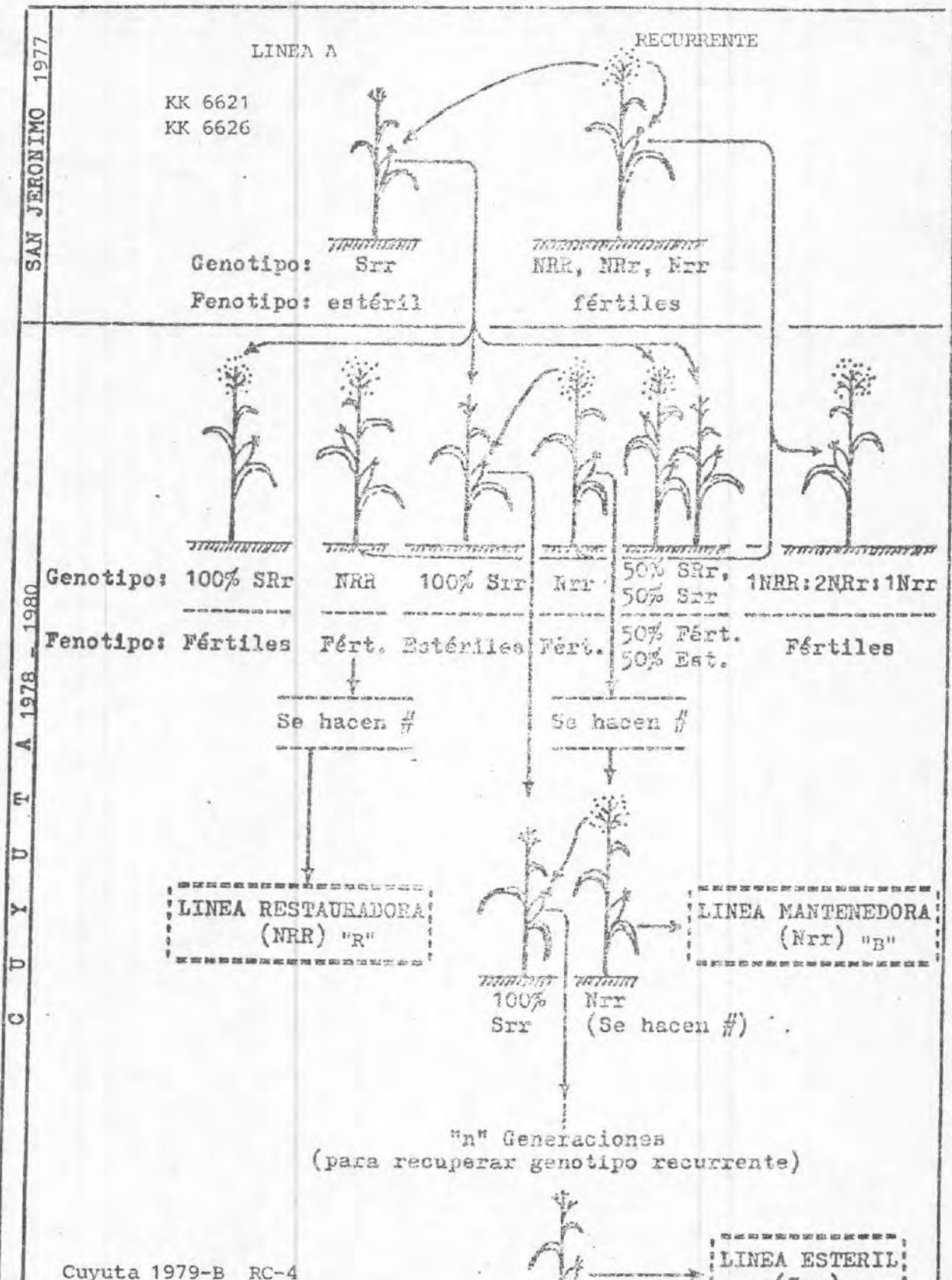
Poehlman (1973) concluye que un gene restaurador puede ser incorporado a una línea autofecundada por medio de cruza regresivas sucesivas, ver Figura 2. Comenta que los rendimientos de las líneas con esterilidad pueden ser más altos que los rendimientos de las líneas con fertilidad masculina desespigadas, ya que el proceso de desespigue causa con frecuencia daño a las plantas reduciendo por lo tanto su producción. Además, afirma que la energía que normalmente se consume en la formación del polen puede derivarse hacia la producción de semilla.

Poey (1965) indica que, específicamente en maíz, algunas de las ventajas que se derivan del uso de la androesterilidad citoplásmica son las siguientes:

1. Se obtiene mayor grado de pureza en la producción comercial de los cruces.
2. Reduce el costo de producción al disminuir o eliminar totalmente el trabajo de desespigamiento de los surcos hembras
3. Se eliminan los daños mecánicos a las plantas y a la condición física del suelo provocados por los obreros durante el desespigamiento manual.

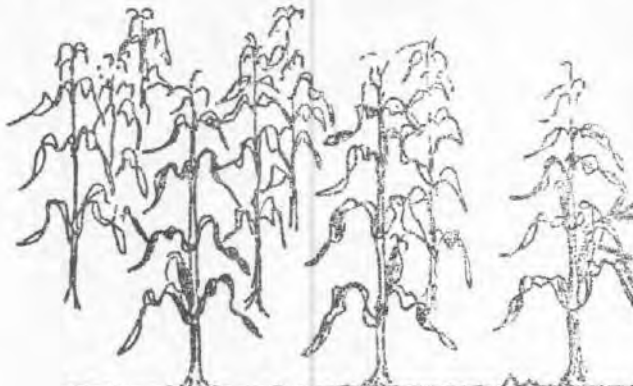
En El Salvador, Merino Argueta, citado por Poey (1965), observó plantas androestériles en la colección Salvadoreña 15 J. en 1959,

FIGURA Polinizaciones realizadas y descripción de Genotipos y Fenotipos esperados.



FORMACION DE UN HIBRIDO CON ESTERILIDAD CITOPLASMICA.

CUYUTA
79B

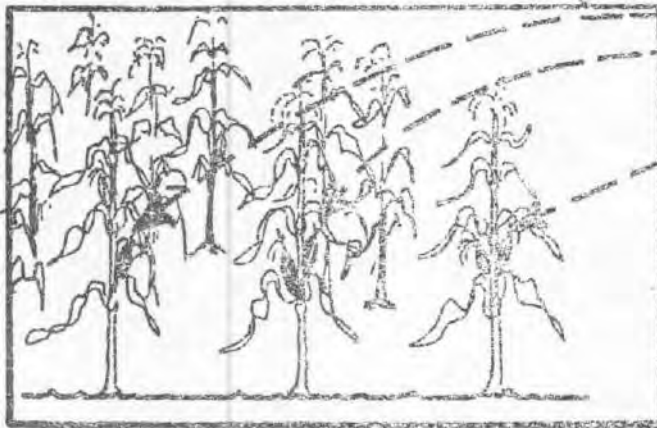


100% Srr A (23-86)
ESTERIL



Nrr (B) 43-46
MANTENEDOR

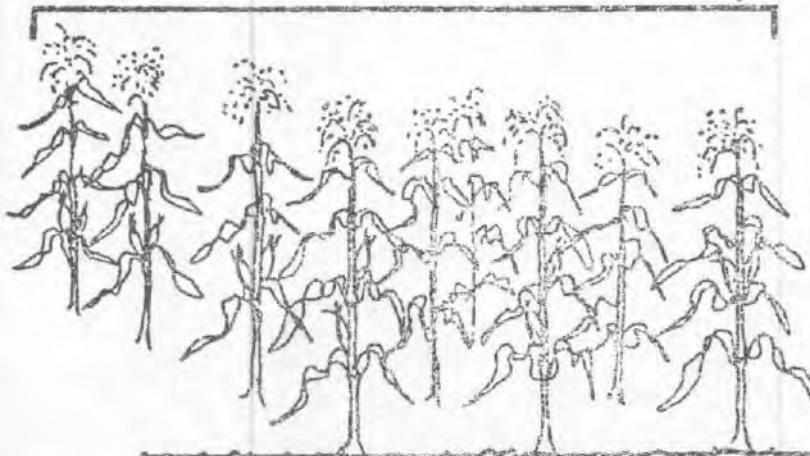
CUYUTA
80A



(A) 23-86 x (B) 43-46
(100% Srr)
ESTERIL



R (29)
(NRR)
RESTAURADOR



F1 ME (HB-33)
FERTIL

SEMILLA COMERCIAL

y a juzgar por el comportamiento de su incremento y en progenies de otros cruces, su androesterilidad parece ser de origen citoplásmico.

Johnson y Córdova (1971) llevaron a cabo un estudio en México (el cual ha sido ya mencionado) para determinar si la esterilidad de esa línea era efectivamente citoplásmica y si era del tipo T o diferente.

Russell y Márquez-Sánchez (1966), al estudiar el efecto de la esterilidad citoplásmica masculina y la forma de los genes restauradores entre diferentes genotipos de maíz, concluyeron que el rendimiento no fue afectado en híbridos utilizando esterilidad masculina de Texas y cuando hubo genes restauradores (Rf) presentes, la aparición del polen fue restaurada y la emergencia de estigmas fue precoz en todas las cruces con cms-T.

Chinwuba et al, citados por Grogan et al (1971), reportaron una superioridad de los maíces androesteriles en altas poblaciones. Ellos concluyeron que esta diferencia era debida a competencia por fotosintatos entre la panoja fértil y la mazorca en desarrollo en el maíz normal.

Bokde (1969), en Estados Unidos, estudió la reacción de 19 genotipos de maíz cristalino para el tipo de esterilidad masculina de Texas y la interacción de los factores climáticos y edáficos, y también su influencia en el desarrollo de los órganos de las espigas estériles. Sólomente dos genotipos, el F11 y el P578, dieron resultados en los cuales todas las plantas fueron homocigóticas para los factores restauradores de la fertilidad. No hubo efectos adversos sobre el rendimiento de los híbridos en los cuales se usó la esterilidad masculina citoplásmica de tipo Texas.

En un estudio realizado en la Estación Experimental del CIMMYT, en Poza Rica, Veracruz, México, al calificar las cruces de 1970-A entre E.S. 640 x 633 provenientes de la colección 15 de El Salvador (que es estéril) y algunas variedades tropicales, Johnson y Córdova (1971), encontraron muy buena aptitud combinatoria, obteniéndose bastantes cruces F₁ con porcentaje de esterilidad entre 80 y 100%; entre ellas se encuentran las cruces de (E.S. 640x633) con: T-11; A-21 br₂ br₂ selección blanca y amarilla; Tuxpeño br₂ br₂; RF64-1 br₂ br₂; (Mix x Col Gpo. 1 x Eto Blanco) y Mix 1 x Col Gpo. 1; Tuxpeño br₂ br₂ selección Cuateras.

Morales, R. (1978), al estudiar las relaciones de restauración de polen, esterilidad y sus segregantes en genotipos de maíz de Guatemala, a los cuales se incorporó androesterilidad indentífico al genotipo $Rf_1 Rf_1 Rf_2 Rf_2$ en los materiales locales que restauran fertilidad. Por otra parte encontró una disminución en la altura de planta de los genotipos estériles.

MATERIALES Y METODOS

Durante el período comprendido entre 1977 a 1979 se realizaron investigaciones en los centros de producción de San Jerónimo, Baja Verapaz y Cuyuta, Escuintla, Guatemala C.A. tendientes a incorporar el carácter macho estéril (M.E.) a diferentes genotipos de maíz (variedades de polinización libre y progenitores de híbridos en producción comercial). Discriminando en el proceso las líneas A, B y R isogénicos androestériles (A), mantenedoras (B) y restauradoras (R), el método utilizado fue el de retrocruzas recesivas al padre recurrente (variedades locales), este método fue descrito por Morales y Poey 1978.

LOCALIZACION

En el Centro de Producción e Investigación Agrícola del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), localizado en Cuyuta, Escuintla, Guatemala donde se realizó la presente investigación 1980-A, se evaluaron los genotipos que se describen en el Cuadro 2.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y MANEJO

Los 20 materiales listados en el Cuadro 2 fueron evaluados bajo un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones en una localidad. El tamaño de parcelas fue de 4 surcos de cinco metros de largo separados a 75 cms y 50 cms entre plantas para una densidad de 53,000 plantas/Ha.

La fertilización fue de 80-40-00 Kg/Ha y se controlaron malezas y plagas de acuerdo a la demanda del cultivo ya establecido en la estación experimental.

Las características medidas en el presente trabajo fueron rendimiento, días a flor, altura de planta, altura de mazorca, % plantas estériles, % de plantas fértiles, % plantas segregantes. Los datos normales de características agronómicas fueron tomadas en una parcela útil de 2 surcos de 5.5 metros de largo. Los rendimientos se reportan Ton/Ha al 15% de humedad.

Cuadro 1 CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y GEOGRAFICAS DEL CENTRO DE PRODUCCION CUYUTA 1980.

TEMPERATURA °C			PRECIPITACION	ALTITUD	LATITUD N	LONGITUD
mínima	media	máxima	mm/año	msnm		
21.9	27.9	33.9	2 063	48	14°05'10"	90°54'40"

Cuadro 2 HIBRIDOS CON ESTERILIDAD CITOPLOASMICA Y NORMALES EVALUADOS EN CUYUTA 1990-B.

GENEALOGIA	NOMBRE COMERCIAL
{A} 23x(B) ICTA-B1 x(R) 2	ME(HB-21)
{A} 43-46x(B) ICTA-B1 x(R) 32	ME(HB-23)
{A} 21x43-46(B) x(R) 32	ME(BH-27)
{A} 23-86x43-46(B) x(R) 29	ME(HB-33)
{A} 23-86xB(21) x(R) 32	ME(HB-19)
{A} 2x(B) L.M. x(R) 32	ME(HB-25)
ICTA-B1 x ETO	T-101
{22-86x29-244} 43-46	HB-33
{ICTA-B x ETO} 23-87	HB-19
ICTA-B - C8	ICTA-B1
COMP-2 C3	COMP-2
LA MAQUINA 742263	LA MAQUINA
{A} 27-12x28-239) A-2	ME(HA-28)
{A} 23-86x B(43-46)	ME(23-86x43-46)
{A} 23x(B) ICTA-B1	ME(23xICTA-B1)
{A} 43-46x(B) ICTA-B1	ME(43-46xICTA-B)
{A} 21x(B) 43-46	ME(21x43-46)
{A} 23-86x B(21)	ME(23-86x21)
{A} 2 x(B) L.M.	ME(COMP-x LA MAQUINA)
{A} 27-12xB (28-239)	ME(27-12x28-239)

ANALISIS ESTADISTICOS

Se realizó análisis de varianza para rendimiento bajo el modelo del diseño de bloques al azar, comparación múltiple de medias (prueba de Tukey).

La Figura 1 muestra esquemáticamente el trabajo realizado de 1977 a 1980.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 3 muestra los resultados del análisis de varianza por rendimiento, nótese que las variedades (híbridos estériles y cruza simples muestran diferencias altamente significativas.

El Cuadro 4 presenta las medias de rendimiento y características agronómicas de los genotipos evaluados en el presente estudio. Es notable que los híbridos a los cuales se les ha incorporado el carácter (ME) rinden en forma consistente más que los híbridos normales, el

El híbrido (A)23x(B)43-46 32 (R) superó en rendimiento y características agronómicas a su contraparte normal HB-33. Por otra parte la hembra que producirá la semilla (A) 23x43-46 (B) rindió más que su contraparte normal 23-87x43-46, ver Cuadro 4. Esto indica un alto potencial de rendimiento para los nuevos híbridos blancos.

(ME)T-101 superó a su contraparte normal con rendimiento de 550 Kg/Ha y con altura de planta y pudrición de mazorca

Entre los híbridos amarillos sobresalen un híbrido similar al HA-28 el cual está constituido por las líneas (A-2x27-44) 28-239, este híbrido fue similar en humedad por ser Homólogo ME(HA-28) con 450 Kg/Ha, sin embargo disminuyó el porcentaje de mazorcas podridas.

En general los híbridos con esterilidad citoplásmica incorporado rindieron más que sus contrapartes normales tanto en los híbridos simples AxB, como los híbridos triples (AxB)xR.

Los resultados presentados en el presente trabajo son la información preliminar de una sola localidad, sin embargo muestra consistencia con los obtenidos, por otra parte investigadores como Russell y Márquez (1966), Chinwuba et al (1971), Bokde (1970).

Cuadro 3 ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE HIBRIDOS ESTERILES CUYUTA 1980-8.

ESTADISTI- COS	C A R A C T E R I S T I C A S		
	REND.	DIAS FLOR	ALTURA PLANTA
F	**	*	*
MDSM	1250	4.5	15.9
MEDIA	57.05	53.6	22.0
C.V.	14.0	15.7	8.2

Cuadro 4 MEDIA DE RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE HIBRIDOS SUPERIORES CON ESTERILIDAD CITOPLOSMICA EVALUADOS EN CUYUTA 1980-B.

GENEALOGIA	KG/HA	DIAS FLOR	ALT. PTA.	% MAZ POD.	% RESTAURACION
ME (23-86x43-46)	7215	53	195	6.0	
ME (HB-33)	6950	54	215	8.2	100
HA-33	6500	55	228	9.0	
23-86x43046	6200	56	210	13.5	
ME (23-87x21)	5450	51	205	8.4	
ME (HB-19)	5250	52	217	8.0	100
HB-19	4900	54	222	9.4	
T-101	4892	56	235	10.5	
ME (27-12x28-239)	5815	50	217	8.5	
ME (HA-28)	5970	52	222	7.0	100
A-2 x 28-239	5235	54	235	11.0	
HA-28	5970	52	225	10.0	
ICTA-B1	4733	56	215	12.0	
LA MAQUINA	4800	55	238	15.0	
C.V. = 14.0 F = ** M.D.SH. = 1240					

En lo que se refiere a altura de planta y los híbridos producidos con esterilidad masculina, son de altura de planta más baja que la de su contraparte normal, es debido a que las líneas progenitoras convertidas a líneas A con citoplasma estéril fueron de altura de planta más baja que su contraparte fértil (Morales y Poey (1978)). Estos resultados conciden con los reportados por Vahru Seva (1966), Slickenstaff et al (1958), quienes encontraron correlaciones positivas entre altura de planta y fertilidad. Por otra parte hubo una reducción en % pudrición de mazorca en los nuevos híbridos con esterilidad citoplásmica.

En la actualidad se ha incrementado la semilla tanto de los progenitores como los híbridos simples y triples para evaluarlos en varias localidades 1981, al mismo tiempo se está incrementando la semilla del mejor híbrido amarillo y blanco en lotes semicomerciales. Estos resultados presentan una nueva alternativa en la producción de semilla en la región.

CONCLUSIONES

El híbrido ME(HB-33) obtuvo un rendimiento de grano de 6950 Kg/Ha superando a su contraparte normal (HB-33) con 450 Kg/Ha. La hembra con macho estéril ME(23-87x43-46) rindió 7200 Kg, superando al híbrido triple con 300 Kg/Ha a la hembra normal (23-87x43-46) con 1200 Kg/Ha. La cruce ME(23-87x21) rindió 5450 Kg/Ha fue superior que el T-101 el cual rindió 4872. El ME(HB-19) fue similar en rendimiento a su homólogo HB-19.

Entre los híbridos amarillos sobresale una cruce similar al HA-28 con rendimiento superiores.

La altura de planta y pudrición de mazorca de los híbridos con esterilidad citoplásmica disminuyó considerablemente en relación a su contraparte normal.

La semilla de los progenitores híbridos estará disponible para los programas nacionales de Centro América a partir de 1981.

BIBLIOGRAFIA

- BLICKENSTAFF, J. et al. Inheritance and linkage of pollen fertility restoration in cytoplasmic male-sterile crosses of corn. In: *Agronomy Journal*, Vol. 50 (8): 430-434, 1958.
- BRIGGLE, L.W. Interaction of cytoplasm and genes in malesterile corn crosses involving two inbred lines. In: *Agronomy Journal*, Vol. 48(12): 569-573, 1956.
- BRIGGLE, L.W. Interaction of cytoplasm and genes in a group of male-sterile corn tipe. In: *Agronomy Journal*, Vol. 49(10): 543-547, 1957.
- DUVICK, D.N. Allelism and comparative genetics of fertility restoration of cytoplasmically pollen sterile maize. In: *Genetics*, Vol. 41: 544-565, 1956.
- GROGAN, C.O. et al. Effects of cytoplasmic male sterility and restoring factors on yield and morphology in inbred and hybrid maize (*Zea mays* L.). In: *Crop Science*, (11): 295-297, 1971.
- JOHNSON, E.C. y CORDOVA, H. Avances sobre el estudio de esterilidad masculina de El Salvador, realizado en CIMMYT. En: XVII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, 1971.
- POEHLMAN, J.M. Mejoramiento genético de las cosechas. México, Limusa-Wiley, S.A. 1973. 453 p.
- POEY, F. La androesterilidad citoplásmica y su utilización en algunos países tropicales. En: XI Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, 1965. 42-43 p.
- SANCHEZ-MONGE, E. Fitogenética. Madrid, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1974. 456 p.
- MORALES, S.M. (1978). Incorporación de genes restauradores de fertilidad en genotipos de maíz (*Zea mays* L.), Tesis Ing. Agr. USAC, Guatemala.