

'91  
**PANAMA**

**XXXVII**  
**REUNION ANUAL**  
MARZO 18-22

**MEMORIA**  
Maíz



**PCCMCA**

PROGRAMA COOPERATIVO  
CENTROAMERICANO PARA EL  
MEJORAMIENTO DE CULTIVOS Y ANIMALES



**INSTITUTO DE INVESTIGACION  
AGROPECUARIA DE PANAMA**





**INSTITUTO DE INVESTIGACION  
AGROPECUARIA DE PANAMA**

**MEMORIA**

**XXXVII REUNION ANUAL**

**PCCMCA**

**PROGRAMA COOPERATIVO CENTROAMERICANO  
PARA EL MEJORAMIENTO DE CULTIVOS Y ANIMALES**

**PANAMA, 1991**



Del 18 al 22 de marzo de 1991 la Ciudad de Panamá, capital de la República de Panamá fue escenario de la celebración de la XXXVII Reunión Anual de Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA), en la cual compartieron experiencias y conocimientos de carácter Científico-Técnico que se llevan a cabo en toda la región.

El Comité Organizador de este magno evento, desea presentarles con suma complacencia la MEMORIA de esta reunión, que incluye los trabajos de investigación expuestos por cada uno de los especialistas durante el desarrollo de la misma.

Además, deseamos agradecerles su participación y contribución al éxito de este conclave científico. Los conocimientos e intercambios tecnológicos recibidos serán de beneficio para el mejoramiento de la producción y productividad de los respectivos países.





## TABLA DE CONTENIDO

### MAIZ

	PAGINA
<b>GENOTECNIA VEGETAL. Mejoramiento Genético II</b>	
COMPORTAMIENTO DE HIBRIDOS INTRA E INTERPOBLACIONALES ENTRE LINEAS ENDOCRIADAS E IMPLICACIONES DE ESTOS RESULTADOS EN EL DESARROLLO DE HIBRIDOS. S. K. Vasal, G. Srinivasan, N. Vergara	1
ESTIMACION DE VARIANZAS GENETICAS EN MAIZ A PARTIR DE LINEAS S1 Y S2. F. V. Navarro, W. C. Youngquist, W. A. Compton.	14
REPORTE SOBRE EL DESARROLLO DE GERMOPLASMA DE MAIZ DE TIERRAS ALTAS EN EL ECUADOR (PERIODO 1978-1990). M. Cavides	27
APTITUD COMBINATORIA DE LINEAS DE MAIZ ( <u>Zea mays</u> L.) EN DIFERENTE GRADO DE ENDOGAMIA, DERIVADAS DE CUATRO FAMILIAS DE HERMANOS COMPLETOS PROGENITORES DE UN HIBRIDO DOBLE. GUATEMALA 1991. J. L. Quemé, L. Larios, C. Pérez, N. Soto, H. Córdova	51
<b>GENOTECNIA VEGETAL. Mejoramiento Genético III</b>	
EFFECTO DEL MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA AL ACHAPARRAMIENTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE CULTIVARES DE MAIZ EVALUADOS EN SIETE AMBIENTES DE CENTROAMERICA Y EL CARIBE. A. Aguiluz, R. Urbina, R. Celado, H. Córdova.	72
AVANCES EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO PARA PRECOCIDAD Y RENDIMIENTO EN LA POBLACION DE MAIZ <u>Zea mays</u> L. DON MARSHALL GRANO AMARILLO, CHIMALTE NANGO, 1990. M.R. Fuentes.	81



\*  
EVALUACION DEL PROGRESO DE TRES CICLOS DE SELECCION  
RECURRENTE DE HERMANOS COMPLETOS EN POBLACIONES  
TROPICALES DE MAIZ.

M. Sierra, J. Martínez, F. Márques, R. Valdivia,  
F. Rodríguez, R. Preciado, R. Castillo.

93

207  
EVALUACION DE GERMOPLASMA DE MAIZ POR SU RESISTEN-  
CIA AL GUSANO COGOLLERO Spodoptera frugiperda  
(Smith).

J. Escobar, A. Aguiluz, F. Guerra, H. Córdova.

101

SELECCION DE LINEAS POR SU RENDIMIENTO Y ADAPTA-  
CION EN BASE A UN PATRON HETEROTICO CONOCIDO.

M. Sierra, F. Rodríguez, R. Castillo, R. Preciado.

109

SELECCION EN CRUZAS INTERRACIALES TROPICALES DE MAIZ  
DE MEXICO PARA ADAPTACION A VALLES ALTOS.

A. Navas, T. Cervantes.

117

#### GENOTECNIA VEGETAL. Evaluación de Cultivares I

RESPUESTAS DIFERENCIALES PARA RENDIMIENTO DE HIBRI-  
DOS DE MAIZ EVALUADOS EN AMBIENTES CONTRASTANTES  
DE LATINOAMERICA, PCCMCA, 1990.

H. Córdova.

137

DETERMINACION DE LA ADAPTACION DE CULTIVARES DE MAIZ  
A AMBIENTES DIVERSOS DE HAITI.

O. Guido, H. Córdova, A. Gestin, L. Eugene.

165

DETERMINACION DE LA ADAPTACION DE VARIEDADES SINTE-  
TICAS DE MAIZ (Zea mays L.) CON TOLERANCIA A SEQUIA  
A AMBIENTES MARGINALES DE CENTROAMERICA. 1990.

R. Reyes, A. Aguiluz, J. L. Zea, L. F. Suazo,  
T. Dubón, L. Brizuela.

173

EVALUACION NACIONAL DE HIBRIDOS BLANCOS Y AMARILLOS  
EN EL SALVADOR, 1990.

J. Escobar, F. Guerra, N. Arraiza, R. Marroquin,  
A. Aguiluz.

185

EVALUACION DE CULTIVARES DE MAIZ DE GRANO AMARILLO  
EN 12 LOCALIDADES DE PANAMA.  
A. Alvarado, D. Pérez, A. González, N. De Gracia,  
E. Quirós, J. Ruiz, L. Carranza, I. Camargo. 192

EVALUACION DEL RENDIMIENTO EN LAS REGIONES OCCIDEN-  
TAL Y ORIENTAL DE CUBA DE HIBRIDOS FORMADOS CON  
CRUZAS SIMPLES CUBANAS Y LINEAS DE MAIZ (Zea mays  
L.) DE GUATEMALA.  
C. M. Torres, O. Pérez, E. García. 212

RESPUESTA A SELECCION RECURRENTE DE FAMILIAS DE  
MEDIOS HERMANOS DE MAIZ (Zea mays L.) ADAPTADAS AL  
AMBIENTE DE HUMEDAD LIMITADA.  
L. Brizuela, N. Madariaga, J. Zea,  
A. Aguiluz, H. Córdova. 225

RESPUESTAS CORRELACIONADAS PARA RENDIMIENTO Y CARAC-  
TERISTICAS AGRONOMICAS DE HIBRIDOS TRILINEALES DE  
MAIZ (Zea mays L.) EVALUADOS EN TRECE AMBIENTES DE  
CENTRO AMERICA Y EL CARIBE.  
N. Soto, J. Queme, A. Alvarado, H. Córdova. 234

DETERMINACION DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL (ACG)  
DE COLECCIONES NATIVAS DE MAIZ (Zea mays L.) DEL  
PROYECTO LAMP. GUATEMALA, 1990.  
N. Soto, J. Queme, C. Pérez, J. Zea, E. Lanaverri. 248

DESARROLLO Y FORMACION DE LA VARIEDAD DE MAIZV-533  
PARA EL SISTEMA DE PRODUCCION DE ROZA-TUMBA-QUEMA.  
R. Castillo, G. Aguilar, J. Rodríguez, V. M. Poot. 255

DESARROLLO DEL FOLLAJE, INTERCEPCION DE RADIACION  
Y UN MODELO SIMPLIFICADO DE LA PRODUCTIVIDAD POTEN-  
CIAL DEL MAIZ.  
J. Bolaños. 262

#### AGRONOMIA Y FISIOLOGIA. Nutrición y Microbiología

RESPUESTA RESIDUAL DE FUENTES Y METODOS DE APLI-  
CACION DE FOSFORO Y AZUFRE EN EL CULTIVO DE MAIZ  
EN 7 LOCALIDADES DE CENTRO AMERICA, 1989-90.  
M. Fuentes. 270



EVALUACION DE FUENTES Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO Y RESPUESTA AL AZUFRE EN EL MAIZ, EN CUATRO LOCALIDADES DE LA REGION DE AZUERO, PANAMA, 1990. R. Gordón, N. De Gracia, A González, J. Franco, A. de Herrera.	289
EVALUACION DE DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE AZUFRE Y SU EFECTO RESIDUAL EN EL CULTIVO DE MAIZ EN DOS LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMA. R. Gordón, A. González, J. Franco, N. De Gracia, A. de Herrera, W. Raun.	303
EVALUACION DE LA RESPUESTA FISICA Y ECONOMICA AL NITROGENO Y FOSFORO EN TRES LOCALIDADES DE AZUERO EN EL CULTIVO DE MAIZ, PANAMA, 1990. R. Gordón, A. González, N. De Gracia, J. Franco, A. de Herrera, S. Jaramillo.	319
EVALUACION DE FUENTES Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO EN EL CULTIVO DEL MAIZ Y SU EFECTO RESIDUAL EN DOS LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMA. R. Gordón, A. González, J. Franco, N. De Gracia, A. de Herrera, W. Raun.	329
LA CONCENTRACION FOLIAR DEL NITROGENO Y SU RELACION CON LOS RENDIMIENTOS DEL MAIZ ( <i>Zea mays</i> L.). L. Marrero, J. de J. Guzmán, N. Arozarena.	345
EVALUACION DE FUENTES, NIVELES Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO Y RESPUESTA AL AZUFRE, EN LOS SISTEMAS DE MAIZ - FRIJOL Y MAIZ - SORGO EN LADERAS, EL SALVADOR, 1990. H. Sosa, V. Mendoza, A. Alvarado, S. Bonilla, W. Raun, H. Barreto.	350
EFECTO DEL AZUFRE ANTE UN NIVEL DE NITROGENO Y FOSFORO EN EL SISTEMA MAIZ - FRIJOL EN LADERAS, EL SALVADOR, 1990. H. Sosa, A. Alvarado, S. Bonilla, W. Raun, H. Barreto.	371
RESPUESTA DEL MAIZ A LA FERTILIZACION CON NITROGENO Y FOSFORO EN TRES SUELOS DEL SUROESTE DE LA PROVINCIA DE CHIRIQUI. M. Acosta, B. Pinzón, J.C. Ruiz.	391

## **AGRONOMIA Y FISILOGIA. Estudio de Sistemas**

**EFEECTO DE INTERCALAR LEGUMINOSAS A DIFERENTES DOSIS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAIZ, Zea mays L., EN 24 ENSAYOS A TRAVES DE CENTRO AMERICA.**  
J. L. Zea. 408

**RENDIMIENTO Y ANALISIS ECONOMICO DEL MAIZ Y FRIJOL EN RELEVO EN LABRANZA CONVENCIONAL Y CERO, EN EL TROPICO SECO HONDUREÑO LOS PRIMEROS CINCO AÑOS.**  
A. Pitty, J. Vega, A. Valdivia, L. Quirós. 427

**EVALUACION DEL EFECTO DEL RASTROJO BAJO LABRANZA CERO, EN EL RENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS MAIZ-SORGO Y MAIZ-FRIJOL. EL SALVADOR, 1990.**  
V. Mendoza, H. Sosa, A. Alvarado, H. Barreto. 440

**EVALUACION DE CUATRO DENSIDADES DE PLANTAS EN DOS HIBRIDOS DE MAIZ. PANAMA, 1990.**  
R. Gordón, J. Franco, A. González, N. De Gracia. 458

## **AGRONOMIA Y FISILOGIA. Prácticas Culturales**

**ESTUDIOS DE DENSIDADES DE SIEMBRA Y NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO EN EL CULTIVO DE MAIZ AMARILLO HE-104.**  
J.C. Escobar, F. Guerra, N. Arraiza, A. Aguiluz. 464

## **AGRONOMIA Y FISILOGIA. Validación y Transferencia de Tecnología**

**POTENCIAL DE PRODUCCION ALCANZABLE DE MAIZ EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MEXICO.**  
J .L. Aguilar, A. T. Fernández, R. Alvedaño. 473

## **PROTECCION VEGETAL. Uso de Pesticidas**

**ESTUDIO DE LA EFICACIA DE INSECTICIDAS COMERCIALES Y DE ORIGEN VEGETAL EN PLAGAS DE MAIZ ALMACENADO.**  
J.C. García, C.A. Arias, G. Valladares, R. Santamaría. 480



RESPUESTA DE LA MALEZA GALLITO (Xanthosoma hoffmanni Schott) (Arales: araceae) A CIERTAS PRACTICAS DE MANEJO.  
J. R. Martínez, H. D. Santos. 486

EFFECTO DEL CONTROL QUIMICO EN EL COMBATE DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE MAIZ, Zea mays L.  
J. C. Ruiz, M. Acosta. 500

#### PROTECCION VEGETAL. Estudios Epidemiológicos

ESTUDIOS DE LA MANCHA GRIS DE LA HOJA (Cercospora zea-maysdis) TEHON Y DANIELS, EN MAIZ (Zea mays L.).  
J. C. Ureta. 510

DESARROLLO DE UN METODO DE MUESTREO DEL DAÑO DE COGOLLERO (Spodoptera frugiperda Smith) EN EL CULTIVO DE MAIZ (Zea mays L.).  
M. O. Guerrero. 515

EVALUACION DE PERDIDAS EN EL CULTIVO DE MAIZ (Zea mays L.) POR LA INCIDENCIA DE PLAGAS Y FACTORES ABIOTICOS DESPUES DE LA DOBLA.  
R.A. Santamaría, C. Arias, C. García, G. Valladares. 518

ESTADO ACTUAL DE LAS PLAGAS DEL MAIZ EN EL SALVADOR.  
J. C. Escobar. 528

EVALUACION DE PERDIDAS EN MAIZ (Zea mays L.) POR INCIDENCIA DE PLAGAS EN SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO A NIVEL RURAL.  
C.A. Arias, J.C. García, G. Valladares, R.A. Santamaría. 537

NIVELES DE DAÑO Y PERDIDAS EN EL RENDIMIENTO CAUSADAS POR EL COGOLLERO (Spodoptera frugiperda Smith) EN EL CULTIVO DE MAIZ (Zea mays L.).  
M. O. Guerrero. 545

ESTUDIO DE MATERIALES DE MAIZ (GRANO COMERCIAL) ANTE EL ATAQUE DE PLAGAS PRIMARIAS DE ALMACENAMIENTO.  
R.A. Santamaría, C. García, G. Valladares, C. Arias. 555

**SOCIOECONOMIA. Mercadeo y Crédito**

**FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE MAIZ EN CHIMALTENANGO, GUATEMALA.**

**M.R. Hernández.**

**562**

**OFERTA TECNOLÓGICA EN EL CULTIVO DE MAIZ (Zea mays L.) DE LA AGENCIA DE DESARROLLO DE EL PROGRESO YORO, HONDURAS.**

**I. Ponce, M. Castillo.**

**581**

**VALIDACION DE TRES HIBRIDOS NACIONALES DE MAIZ EN LA REGION DE AZUERO, PANAMA.**

**J. A. González, B. Jaén.**

**603**





## GENOTECNIA VEGETAL, Mejoramiento Genético II

### COMPORTAMIENTO DE HIBRIDOS INTRA E INTERPOBLACIONES ENTRE LINEAS ENDOCRIADAS E IMPLICACIONES DE ESTOS RESULTADOS EN EL DESARROLLO DE HIBRIDOS

S. K. Vasal, N. Vergara, G. Srinivasan <sup>1</sup>

#### INTRODUCCION

Las fuentes de germoplasmas con tolerancia a endocria y características de alta aptitud combinatoria son muy importantes en el desarrollo de híbridos convencionales (híbridos simples, dobles y triples). Además, los patrones heteróticos con un alto nivel de respuesta heterótica deben ser considerados para un desarrollo eficiente de híbridos en el menor tiempo posible. No obstante, siempre hay problemas prácticos que no permiten utilizar germoplasmas de grupos heteróticos opuestos; el ejemplo clásico es el de Pob. 21 x Pob. 32 (Tuxpeño x Eto Bco) el cual no puede usarse cuando queremos obtener híbridos que tengan una estructura específica con una textura dentada o cristalina. Por esta razón, los híbridos comerciales que están en el mercado en México y Centro América involucran germoplasmas muy limitados y muchos de éstos tienen una gran parte de germoplasmas de tipo Tuxpeño, a veces hay

híbridos que involucraron todas las líneas derivadas de la misma raza o material. El problema es más grave en materiales amarillos donde no existen patrones heteróticos muy claros teniendo un nivel de respuesta heterótica del 10 al 15%. Desde el desarrollo de germoplasmas en los años 60 hasta la fecha ha habido una tendencia en desarrollar nuevas fuentes de germoplasmas utilizando varios componentes o fuentes de diferentes germoplasmas, estos materiales generalmente tienen una base genética muy amplia y en cruzamiento con otras fuentes de germoplasmas tienen un nivel de heterosis muy bajo. Otro aspecto muy importante, es el alto comportamiento per-se de poblaciones con las cuales hay oportunidad de desarrollar híbridos con un nivel de heterosis más elevado en relación a híbridos desarrollados con líneas de otros materiales. Esta situación existe en diferentes materiales de la misma clase o categoría tales como: Población

---

<sup>1</sup> Investigadores, Programa de Híbridos de Maíz, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Lisboa 27, Apdo Postal 6-641. Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc, 06600. México D.F.

ción 21,22,29,43 y Pool 24 de CIMMYT, todas estas poblaciones son de tipo Tuxpeño. Cuando existen varios materiales del mismo tipo de germoplasma, pero con diferente comportamiento, a veces, los híbridos intrapoblacionales e interlineales tienen oportunidad de desarrollarse con un resultado muy aceptable. También como se mencionó anteriormente, en materiales con amplia base genética hay grandes posibilidades de desarrollar híbridos con líneas derivadas del mismo material. En esta presentación se incluyen resultados de varios experimentos de híbridos entre líneas de igual y de diferente población.

#### **MATERIALES Y METODOS**

En el programa de híbridos del CIMMYT se formaron varios dialelos que incluyen líneas de diferentes materiales.

Dialelo 1. Incluye líneas de Pool 19 y Pool 20.

Dialelo 2. Incluye líneas de Pob. 32, 25 y Pool 23.

Dialelo 3. Incluye líneas de Pool 24 y Pob. 21.

Dialelo 4. Incluye líneas de Pob. 21, Pool 23 y Pob. 32.

Estos dialelos fueron evaluados en diferentes lugares de México, Centro y Suramérica. Se formaron cruza de prueba en 1988, utilizando líneas de diferentes materiales con cuatro líneas como probadores de

Pob. 21, 32, 25 y Pool. 24; el nivel de endocria de las diferentes líneas varia de S3 a S5 y el nivel de endocria de las líneas como probadores es de S4. Las líneas que se usaron como probadores fueron identificadas en base a datos de varios ensayos dialélicos del CIMMYT los cuales fueron formados y evaluados durante 1986.

Adicionalmente, hay incluidos resultados de ensayos de cruza simples amarillas (sc 9009) conducidos en diferentes localidades de México y América Central.

#### **RESULTADOS**

El comportamiento de los híbridos intra e interpoblaciones interlineales evaluados en los diferentes dialelos se presentan en el Cuadro 1. Los resultados muestran que los híbridos entre líneas del Pool 19 son superiores en rendimiento en comparación con los híbridos entre líneas del Pool 20. Sin embargo, los híbridos del Pool 19 x Pool 20 muestran una superioridad en cruzamiento de un nivel de 10% contra los híbridos del Pool 19 y Pool 20 respectivamente. Los híbridos evaluados en los otros dialelos 2, 3 y 4 tienen la misma tendencia que los híbridos entre líneas de diferentes materiales siendo superiores en comparación con los híbridos entre líneas de la misma población. El comportamiento de los híbridos interpoblacionales interlineales varia de un rango del 8 al 15.6% en los diferentes dialelos. Sin embargo, en



cada dialelo hay híbridos interpoblacionales interlineales que tienen un rendimiento aceptable.

En el dialelo 1 hay híbridos entre líneas de Pool 19 y Pool 20 e híbridos entre líneas de estos dos pooles. Los resultados se presentan en el Cuadro 2. Los datos demuestran que los híbridos del Pool 19 x Pool 20 tienen rendimientos superiores a los híbridos del Pool 19 y Pool 20, respectivamente. Sin embargo, dos mejores híbridos del Pool 19 tienen un rendimiento muy comparable contra un mejor híbrido entre líneas del Pool 19 x Pool 20. También estos datos muestran que los híbridos intrapoblacionales interlineales generalmente no fueron muy superiores a los testigos varietales.

En el dialelo 2 se incluyen los mejores híbridos entre líneas de la Pob. 32, 25 y Pool 23 los resultados están presentados en el Cuadro 3. Los híbridos de Pob. 32 y Pool 23 tuvieron un rendimiento similar pero mejor que los híbridos de Pob. 25. Los híbridos interpoblacionales interlineales fueron mejores que los híbridos intrapoblacionales interlineales de cada una de estas poblaciones. Es importante señalar, que estas tres poblaciones fueron indicadas dentro del mismo grupo heterótico en base a datos de dialelos de Pooles y poblaciones que se evaluaron en 1985. No obstante, los resultados en este dialelo indican que pueden producirse

algunos híbridos de tipo cristalino entre líneas derivadas de estas poblaciones. En comparación con el rendimiento promedio de los testigos, todos los híbridos fueron superiores de un nivel del 15.7 al 48.6%. En este ensayo el Sintético de Pool 23 tuvo un nivel de rendimiento muy alto por lo tanto, solamente los híbridos interpoblacionales interlineales fueron mejores en comparación a este testigo.

En el dialelo 3, se incluyen líneas de los materiales de la Pob. 21 y Pool 24 ambos materiales son de tipo Tuxpeño, la diferencia se debe a que la población 21 tiene una crema de diferentes colecciones de raza Tuxpeño y luego fue mejorada en altura de planta y rendimiento, por lo contrario al Pool 24 que es un complejo muy amplio genéticamente, formado por un gran número de materiales de tipo Tuxpeño. Los resultados de los híbridos entre estos materiales aparecen en el Cuadro 4. Los resultados indican que los híbridos entre líneas del Pool 24 tuvieron un nivel bajo de rendimiento en comparación con los híbridos entre líneas de la Pob. 21. De los dos mejores híbridos interpoblacionales, solamente un híbrido tuvo un comportamiento superior al de los híbridos de la Pob. 21. Todos los híbridos intra e interpoblacionales fueron superiores contra el rendimiento promedio de los testigos. En comparación con el mejor testigo H-507 hay cuatro híbridos que tienen un rendimiento superior a este

testigo, la diferencia entre los híbridos y el mejor testigo varía de un nivel de 7.6 al 26.7%. Es también notable indicar, que todos los híbridos intra e interpopulacionales de éstas poblaciones tienen una altura de planta de 30 a 40 cm más baja en comparación con el testigo H-507.

El dialélo 4 incluyó híbridos entre líneas de Pob. 21, Pool 23 y Pob. 32. Este ensayo mostró resultados interesantes, Cuadro 5. Los híbridos cristalinos tardíos del Pool 23 y Pob. 32 tuvieron bajo rendimiento en comparación con los híbridos de Pob. 21, además los híbridos interpopulacionales de estos 3 materiales no son muy diferentes a los híbridos de Pob. 21. Los híbridos intrapopulacionales de Pob. 21 y los híbridos interpopulacionales de Pob. 21, 32 y Pool 23 tuvieron un nivel de rendimiento alto, pero bastante similar entre ellos. Los híbridos entre líneas de Pob. 21 y los híbridos de 14.3 al 20.1% en comparación con el mejor testigo H-507.

En un segundo estudio, presentamos el comportamiento de cruces de prueba de líneas provenientes de cuatro poblaciones Pob. 21, 25, 32 y Pool 24 cruzadas con cuatro líneas como probadores derivados de las mismas fuentes de germoplasmas. En el Cuadro 6, tenemos el rendimiento promedio de cada probador cruzado con líneas de la misma y de diferente población. Es importante ver que en los casos

de los híbridos de las Pob. 32 y los híbridos del Pool 24 tuvieron menores rendimientos que los híbridos de Pob. 21 y Pob. 25. En el mismo cuadro, también podemos observar que los híbridos de Pob. 21 y Pob. 25 tienen un rendimiento similar a los híbridos interpopulacionales de estos tres materiales, solamente hay dos excepciones donde el rendimiento de híbridos de Pob. 21 x Pob. 25 y Pob. 21 x Pool 24 fue muy alto. Generalmente, los cruzamientos entre líneas de estas tres poblaciones mostraron un rendimiento bastante bueno excepto los híbridos de Pob. 25 y Pob. 32 los cuales mostraron un nivel de rendimiento bajo.

En el Cuadro 7, se muestra el comportamiento de cruces superiores entre líneas de la misma o diferente población. Los resultados indican que los híbridos entre líneas de la misma población tienen un nivel de rendimiento bastante aceptable excepto los híbridos del Pool 24. También se puede observar que los híbridos entre líneas de diferentes poblaciones son superiores en rendimiento en comparación con los híbridos entre líneas de la misma población. Los híbridos entre líneas del Pool 24 y los híbridos entre líneas de la Pob. 25 x Pob. 32 mostraron un nivel bajo de rendimiento, el resto de los híbridos entre líneas de la misma o diferente población tuvieron un rendimiento aceptable. Además, los resultados muestran que las líneas de la Pob. 21 pueden formar híbridos

dos de alto rendimiento en comparación con las líneas de la Pob. 25, 32 y Pol. 24.

En el Cuadro 8, se presentan resultados de rendimiento de grano de híbridos amarillos evaluados en 1990 en diferentes lugares. También se indican los mejores híbridos en cada una de las cinco localidades en (Figuras 1 y 2).

En la Figura 3 se indican los mejores cinco híbridos en comparación con el mejor testigo y promedio de testigos. Los datos muestran que los híbridos SC80, SC77, SC82, SC61, SC62 fueron superiores al mejor testigo con un resultado de 6.37, 6.23, 6.10, 6.04, 5.94 ton/ha en comparación con 5.85 ton/ha del testigo superior.

#### **Implicaciones de estos resultados**

Los datos que presentamos indican que en muchos casos los híbridos entre líneas de la misma población generalmente tienen un comportamiento bajo en comparación con híbridos entre líneas de diferentes poblaciones. Sin embargo, los resultados indican claramente que es posible desarrollar híbridos con un alto nivel de rendimiento entre líneas de la misma población. Los híbridos cristalinos tardíos no se comparan en rendimiento contra híbridos de igual madurez pero de tipo dentado. Sin embargo, sí podemos aumentar el rendimiento de híbridos entre líneas de poblaciones cristalinas x poblaciones

dentada. Además, los datos muestran que en caso de desarrollar híbridos cristalinos hay posibilidades de formar este tipo de híbridos usando líneas de Pob. 25 x líneas de Pob. 32 o bien formar híbridos entre líneas de Pob. 25 solamente. También podemos formar híbridos de tipo dentado usando líneas de Pob. 21 x líneas de Pool 24 o formar híbridos entre líneas de Pob. 21 únicamente.

#### **CONCLUSIONES**

Los híbridos interpopulacionales interlineales mostraron un comportamiento superior que los híbridos intra poblacionales interlineales.

En tres de 4 poblaciones excepto Pool 24, hay posibilidades de producir buenos híbridos entre líneas de la misma población que tengan rendimientos aceptables. Así como, es posible producir híbridos de madurez tardía y que tengan una textura cristalina o dentada utilizando el germoplasma que se indicó en este trabajo.

En ensayo de cruza simples amarillas fueron 5 híbridos superiores en comparación con el mejor testigo local.

CUADRO 1. RENDIMIENTO DE HIBRIDOS INTRA E INTERPOBLACIONALES INTERLINEALES EVALUADOS EN DIFERENTES DIALELOS.

DIALELO No.	CRUZAS ENTRE LINEAS DE:	RENDIMIENTO	ICS * SUPERIORIDAD ENTRE CRUZAMIENTOS (%)
1	Pool 19	4.82	
	Pool 20	4.28	
	Pool 19 x Pool 20	5.00	10.0
2	Pool 32	5.19	
	Pob. 25	5.37	
	Pool 32 x Pob. 25	6.11	15.6
3	Pool 24	4.79	
	Pob. 21	5.33	
	Pool 24 x Pob. 21	5.47	8.0
4	Pob. 21	5.56	
	Pob. 32	4.60	
	Pob. 21 x Pob. 32	5.69	12.1

$$* ICS = \frac{(x \text{ AxB} - (xA + xB)/2) \times 100}{(xA + xB)/2}$$

donde: x = promedio

CUADRO 2. RENDIMIENTO DE CRUZAS SUPERIORES DE LINEAS DE POOL 19 Y POOL 20.

TIPO DE HIBRIDO	GENEALOGIA	RENDIMIENTO (ton/ha)	PROMEDIO TESTIGO (%)	MEJOR TESTIGO (%)
Intrapob.	P19 TSR S2-3 x P19 TSR S2-16	5.34	107.2	92.1
	" x P19 TSR S2-25	5.34	107.3	92.2
	P20 TSR S2-7 x P20 TSR S2-20	4.70	94.3	81.0
	" x P20 TSR S2-23	4.24	85.2	73.1
Interpob.	P19 TSR S2-16 x P20 TSR S2-20	5.34	111.3	95.5
	P19 TSR S2-25 x P20 TSR S2-7	6.05	121.6	104.4
	Ferke (1) 8223 Testigo 1 )	5.45	109.5	94.0
	AC. 8330 (Testigo 2)	4.05	81.3	69.8
	Rattray Arnold 8349 (Testigo 3)	4.61	92.7	79.5
	Pool 20 (STE) (Testigo 4)	5.80	116.5	100.0
				=====
	C.V (%)	12.2		
	L.S.D. (.05)	551.00		

CUADRO 3. RENDIMIENTO DE CRUZAS SUPERIORES DE LINEAS DE POOL 32, 25 Y POOL 23.

TIPO DE HIBRIDO	GENEALOGIA	RENDIMIENTO (ton/ha)	PROMEDIO TESTIGO (%)	MEJOR TESTIGO (%)
Intrapob.	Pob. 32 S3-128 x Pob. 32 S3-142	5.25	124.6	97.2
	Pob. 25 S3-118 x Pob. 25 S3-128	4.88	115.7	90.2
	P23 TSR S2-13 x P23 TSR S2-40	5.25	124.7	97.2
Interpob.	Pob. 32 S3-142 x Pob. 25 S3-128	6.26	148.6	115.8
	Pob. 32 S3-142 x P23 TSR S2-40	5.80	137.5	107.2
	Pob. 25 S3-64 x P23 TSR S2-40	5.68	134.8	105.1
	PR8425 (Testigo 1)	4.34	103.0	80.4
	San Jerónimo (1) 8232 (Testigo 2)	3.53	83.8	65.4
	Syn. Pool 23 (Testigo 3)	5.40	128.2	100.0
	H-509 (Testigo 4)	3.58	84.9	66.2
	C.V (%)	6.7		
	L.S.D. (.05)	766.0		

CUADRO 4. RENDIMIENTO DE CRUZAS SUPERIORES DE LINEAS DE POOL. 24 Y POBLACION 21.

TIPO DE HIBRIDO	GENEALOGIA	RENDIMIENTO (ton/ha)	PROMEDIO TESTIGO (%)	MEJOR TESTIGO (%)
Intrapob.	P24 TSR S2-8 x P24 TSR S2-29	5.63	102.7	88.5
	P24 TSR S2-19 x "	5.92	107.9	93.0
	Pob. 21 S3-78 x Pob. 21 S3-163	6.84	124.8	107.6
	Pob. 21 S3 219 x "	6.73	122.6	105.7
Interpob.	P24 TSR S2-19 x Pob. 21 S3-199	7.25	132.2	113.9
	" x Pob. 21 S3-163	6.79	123.8	126.7
	Rattray Arnold (1) 8321 (Testigo 1)	5.76	105.1	90.6
	Syn. Pool 24 (Testigo 2)	5.30	96.6	83.2
	H507 (Testigo 3)	6.36	116.0	100.0
	H509 (Testigo 4)	4.52	82.3	70.9
	C.V (%)	7.1		
	L.S.D. (.05)	835.6		



CUADRO 5. RENDIMIENTO DE CRUZAS SUPERIORES DE LINEAS DE POOL 21, 32 Y POOL 23.

TIPO DE HIBRIDO	GENEALOGIA	RENDIMIENTO (ton/ha)	PROMEDIO TESTIGO (%)	MEJOR TESTIGO
Intrapob.	Pob. 21 S3-218 x Pob. 21 S3-205	6.30	138.0	118.6
	" x Pob. 21 S3-241	6.07	133.1	114.3
	P23 TSR S2-13 x P23 TSR S2-38	4.80	105.3	90.5
	Pob. 32 S3-128 x Pob. 32 S3-242	4.60	100.9	86.7
Interpob.	Pob. 21 S3-218 x P23 TSR S2-38	6.14	134.6	115.7
	Pob. 21 S3-76 x "	6.38	139.7	120.1
	Pob. 21 S3-241 x Pob. 32 S3-128	6.19	135.6	116.5
	P23 TSR S2-38 x Pob. 32 S3-242	5.33	116.9	100.5
	Rattray Arnold 8321 (Testigo 1)	5.26	115.3	99.1
	PR 8425 (Testigo 2)	4.77	104.6	89.9
	San Jerónimo (1) 8232 (Testigo 3)	3.99	87.4	75.1
	H507 (Testigo 4)	5.31	116.4	100.0
	H509 (Testigo 5)	3.48	76.3	65.5
	C.V (%)	12.1		
	L.S.D. (.05)	534.6		

CUADRO 6. COMPORTAMIENTO DE CUATRO PROBADORES EN CRUZAMIENTO CON LINEAS DE POB. 21, POB. 32, POB. 25 Y POOL 24.

LINEA COMO PROBADOR	PROMEDIO DE RENDIMIENTO (ton/ha) EN CRUZAMIENTO CON LINEAS			
	Pob. 21	Pob. 32	Pob. 25	Pob. 24
Pob. 21 HC219 S4	6.28	6.28	6.80	6.33
Pob. 32 HC142 S4	6.49	5.86	6.49	6.62
Pob. 25 HC128 S4	6.47	5.50	6.35	6.26
Pob. 24 TSR 29 S3	6.68	6.41	6.12	5.74

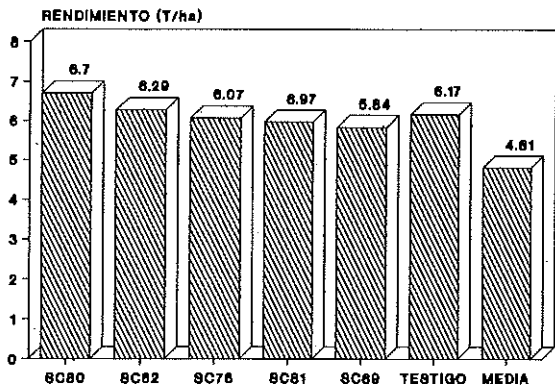
CUADRO 7. COMPORTAMIENTO DE CRUZAS SUPERIORES CON LINEAS DERIVADAS DE LAS MISMAS Y DIFERENTES POBLACIONES.

LINEA COMO PROBADOR	PROMEDIO DE RENDIMIENTO (ton/ha) EN CRUZAMIENTO CON LINEAS			
	Pob. 21	Pob. 32	Pob. 25	Pob. 24
Pob. 21 HC219 S4	6.74	7.2	7.7	7.1
Pob. 32 HC142 S4	7.17	6.33	6.70	7.17
Pob. 25 HC128 S4	6.77	5.68	6.43	6.64
Pob. 24 TSR 29 S3	7.10	6.89	7.02	5.96

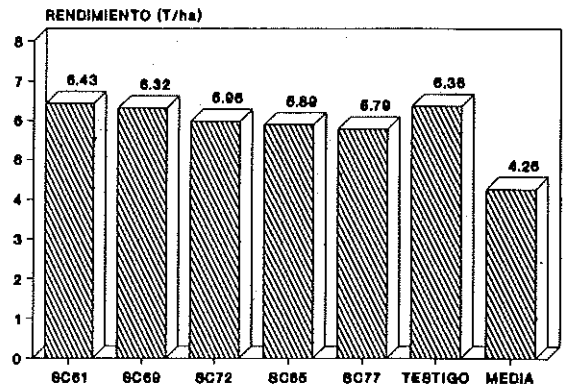
CUADRO 8. RENDIMIENTO DE GRANO (t/ha) DE HIBRIDOS SIMPLES AMARILLOS EVALUADOS EN 1990 A TRAVES DE CINCO LOCALIDADES DE CENTRO AMERICA.

NUMERO DE ENTRADA	CLAVE DE HIBRIDOS	GENEALOGIA	Loc. 1 Las Acacias, HONDURAS	Loc. 2 Poza Rica, MEXICO	Loc. 3 Parita, PANAMA	Loc. 4 La Honda, PANAMA	Loc. 5 Santa Cruz, EL SALVADOR	5 Localidades COMBINADAS
20	SC80	Pop. 24 x Sta.Rosa 8079	5.26	6.70	8.05	7.08	4.74	6.37
17	SC77	Pop. 24 x Pop. 27	5.79	5.82	7.08	7.37	5.09	6.23
22	SC82	Pop. 27 x Sat.Rosa 8079	5.33	5.75	6.82	7.13	5.46	6.10
1	SC61	Pop. 24 x Pop. 27	6.43	5.57	5.25	6.80	6.13	6.04
2	SC62	Pop. 24 x Pop. 27	3.92	6.29	6.41	6.41	6.67	5.94
5	SC65	Pop. 27 x Pop. 27	5.89	4.26	6.26	6.29	5.91	5.72
21	SC81	Pop. 27 x Sta.Rosa 8079	5.04	5.97	5.78	6.42	4.84	5.61
7	SC67	Pop. 28 x Pop. 27	4.93	5.57	6.44	6.03	5.06	5.61
9	SC69	Pop. 28 x Pop. 27	6.32	5.84	5.75	5.94	3.82	5.53
16	SC76	Pop. 24 x Pop. 27	3.44	6.07	6.13	6.20	5.80	5.53
8	SC68	Pop. 28 x Pop. 27	5.50	5.50	5.24	5.48	5.38	5.42
23	SC83	Pop. 27 x AC. 8078	4.76	5.21	5.95	6.11	4.70	5.35
12	SC72	Pop. 36 x Pop. 27	5.98	4.78	4.86	5.81	5.28	5.34
13	SC73	Pool 26 x Pop. 27	5.52	3.82	5.50	5.85	4.83	5.10
19	SC79	Pop. 24 x Pop. 36	4.69	5.28	5.83	5.37	4.29	5.09
6	SC66	Pop. 28 x Pop. 27	5.12	4.60	6.11	5.58	4.04	5.09
14	SC74	Pool 26 x Pop. 27	4.49	5.36	6.07	5.96	3.46	5.07
18	SC78	Pop. 24 x Pop. 27	4.48	5.22	5.65	5.89	3.91	5.03
10	SC70	Pop. 36 x Pop. 27	4.97	3.54	4.97	5.59	5.54	4.92
15	SC75	Pool 26 x Pop. 27	5.09	4.00	4.72	5.33	4.15	4.66
11	SC71	Pop. 36 x Pop. 27	4.67	3.01	4.67	5.15	5.39	4.58
4	SC64	Pop. 26 x Pop. 26	4.03	3.51	3.53	3.73	2.47	3.45
3	SC63	Pop. 26 x Pop. 26	3.11	2.29	3.25	2.87	1.72	2.65
24	Testigo 1		6.36	6.17	5.87	5.98	4.84	5.85
25	Testigo 2		4.69	6.09	6.43	6.29	3.45	5.39
		Mean	4.26	4.81	5.71	5.87	4.39	5.27
		CV (%)	19.7	11.1	8.8	8.8	19.0	14.6

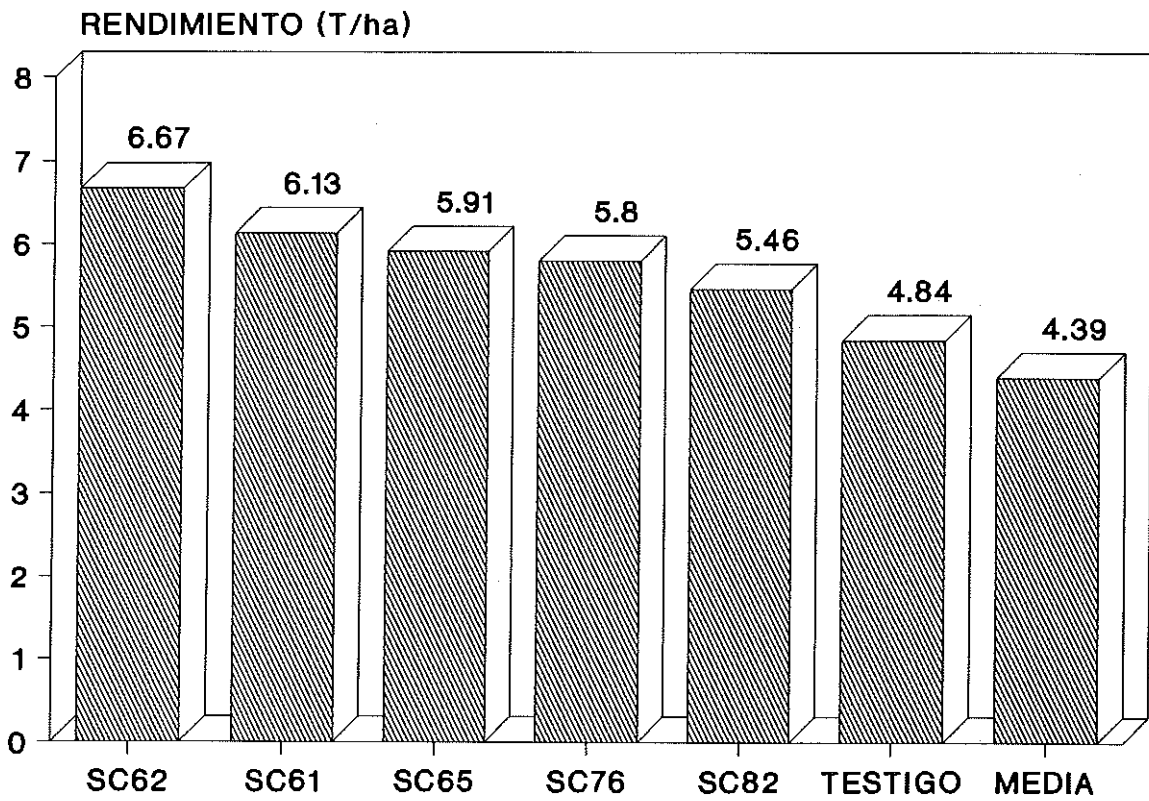
### POZA RICA, MEXICO



### LAS ACACIAS, HONDURAS

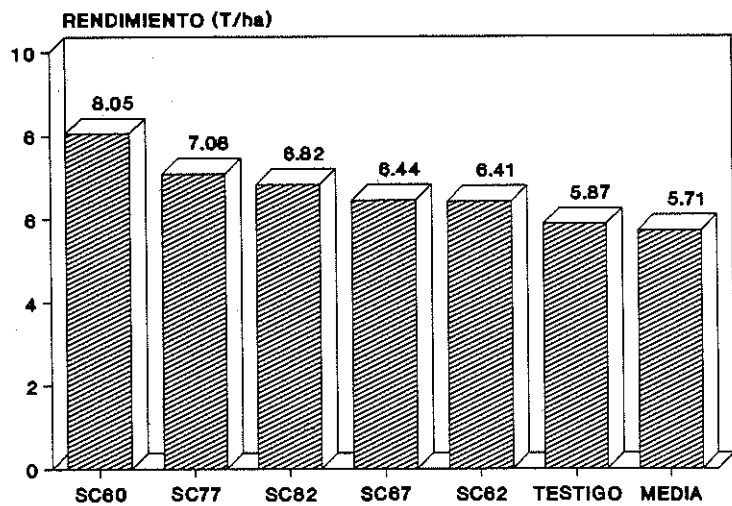


### SANTA CRUZ, EL SALVADOR

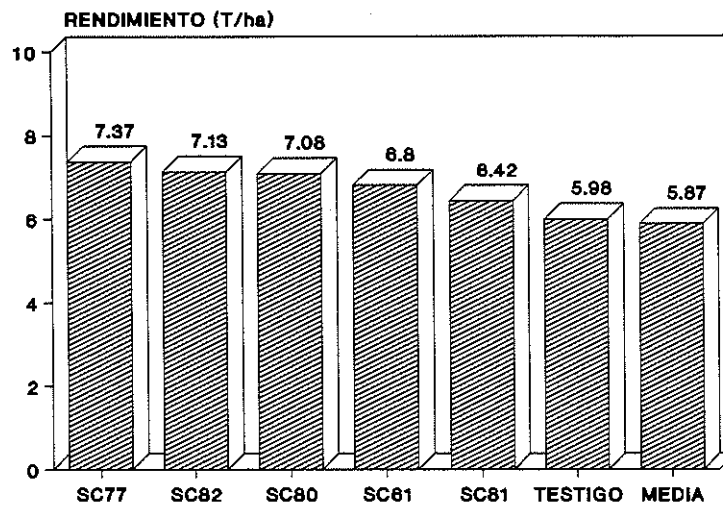


**FIGURA 2. RENDIMIENTO (T/ha) DE HIBRIDOS DE CRUZAS  
SIMPLES AMARILLAS**

**PARITA, PANAMA**

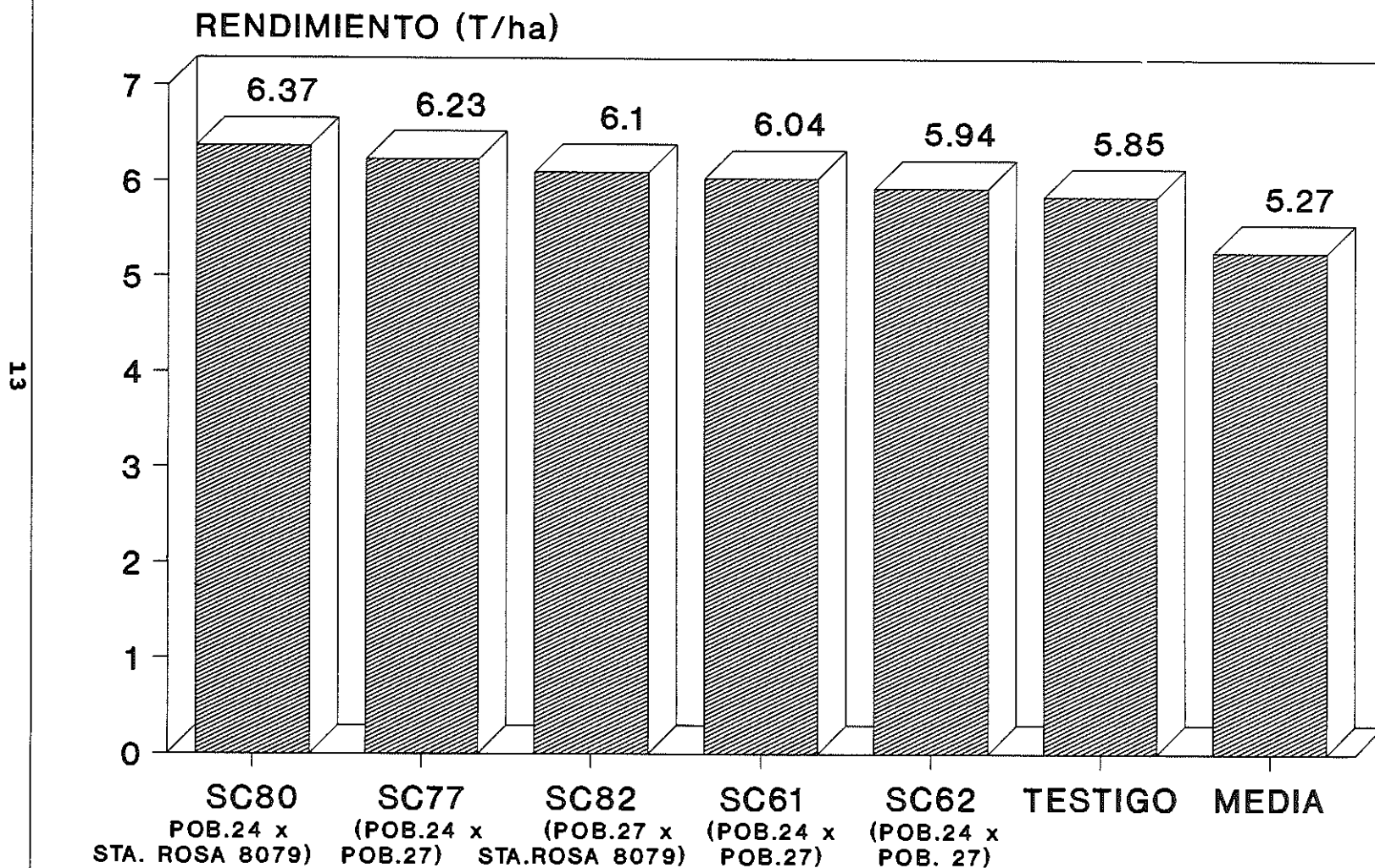


**LA HONDA, PANAMA**





# MEDIA DE RENDIMIENTO (T/ha) DE HIBRIDOS DE CRUZAS SIMPLES AMARILLAS (5 LOC.)



# ESTIMACION DE VARIANZAS GENETICAS EN MAIZ A PARTIR DE LINEAS S1 y S2

F. V. Navarro <sup>1</sup> ; W. C. Youngquist <sup>2</sup> ; W. A. Compton <sup>3</sup>

## RESUMEN

Análisis de líneas S1 y S2 y la regresión de las medias de las S2 en sus correspondientes S1 fueron usadas para estimar la variabilidad genética existente en la población de maíz NSS en dos localidades, Mead y Lincoln, Nebraska, E.E.U.U. Se encontró variabilidad genética significativa en NSS para rendimiento de granos, días a la flor, alturas de planta y mazorca, humedad de granos y porcentaje de acame. Las líneas S2 mostraron mas frecuente interacción de genotipos x medio ambiente que sus S1. La heredabilidad en el sentido amplio para rendimiento calculada a partir del análisis de varianza de las líneas S2 fue mayor que la calculada a partir de la regresión de S2 en S1 (60 y 42% respectivamente). Ocho modelos originados de Cockerham (1983) fueron usados

para identificar tipos de variabilidades genéticas existentes. El método de la matriz inversa fue usado para estimar los parámetros de variabilidad genética cuando las covarianzas usadas daban una matriz cuadrada no singular. Para los modelos que resultaban en una matriz rectangular se utilizó el método de la inversa generalizada de Moore-Penrose. En general, el mejor modelo fue el que estimó la varianza aditiva solamente. Muchas veces, no se obtuvo estimados consistentes de la covarianza entre efectos aditivos y homocigóticos dominante (D1). Por esto no pudimos inferir cual sería el efecto de la selección de familias S1 en el comportamiento de los cruces de las líneas generadas a partir de ellas. La ganancia genética esperada por ciclo de selección de

---

<sup>1</sup> Parte de Trabajo de Grado de Maestría, University of Nebraska, E.E.U.U.

<sup>2</sup> Fitomejorador. Programa de Maíz, CESDA, Apdo. 24, San Cristóbal, República Dominicana.

<sup>3</sup> Consejeros de Tesis. Agronomy Depto., 279 Plant Sciences. University of Nebraska, Lincoln, NE 68583, E.E.U.U.

**Palabras Claves:** Maíz, Varianzas, Líneas Endogámicas, Poblaciones.

familias S2 para rendimiento fue 11.4%.

### INTRODUCCION

El progreso en la selección depende del tamaño de la variabilidad genética existente en una población y las magnitudes de sus componentes. Estos, y la interacción genotipos x ambientes proveen al fitomejorador de informaciones en cuanto a si existe suficiente variabilidad genética en el germoplasma a utilizar, cual es el más adecuado esquema de selección para el mejor aprovechamiento de dicha variabilidad, de cuan extensamente el germoplasma debe ser probado para identificar los mejores progenitores, y si el mismo método de selección será igualmente apropiado para mejorar caracteres de diferentes importancia, Dudley y Moll (1969).

La selección recurrente entre líneas S1 ha probado ser muy efectiva en el mejoramiento poblacional de maíz (West et al. 1980, Moll y Smith 1981). Esta utiliza muy bien los efectos aditivos. Este método además es conocido por reducir la depresión endogámica (Thomas 1979, West et al. 1980, Tanner y Smith 1987).

Cockerham (1983), formuló un modelo para dividir la varianza genética en sus componentes, con información obtenida de

familiares derivados a través de autopolinización. Su método incluía la varianza aditiva ( $\sigma^2_d$ ), la covarianza entre los efectos aditivos y homocigóticos dominantes (D1), la varianza entre efectos homocigóticos dominantes (D2) y la depresión endogámica (H). Este modelo era más general que otros formulados anteriormente para el estudio de los componentes de la variabilidad genética puesto que éste no estaba restringido a poblaciones donde la frecuencia de alelos favorables sea igual a 0.5. Además, este modelo era independiente del número de alelos posibles para un locus.

Otros hechos que se asumen para la división de la varianza genética en sus componentes son: herencia diploide y mendeliana, no correlación entre los familiares usados en la estimación, esos familiares son considerados derivados de plantas tomadas al azar de una población dada S0, una situación de equilibrio respecto a los ligamentos y las varianzas epistáticas no incluidas en un modelo dado se consideran igual a cero o no significativos (Cockerham 1956, 1961 y 1963).

Las covarianzas entre familiares (Ctgg) son usadas por Cockerham (1983), para estimar los componentes de la variabilidad genética. Allí t, representa la generación donde se encuentra el último ancestro común en la cadena de autopolinizaciones, g y g'

son las generaciones en donde las progenies son medidas. Las fórmulas generales para computar los coeficientes correspondientes a cada uno de los componentes de las varianzas para éste caso son dadas en Cockerham (1983).

La predicción de la ganancia por ciclo de selección es una de las mejores contribuciones del estudio de los componentes de la varianza genética en una población. Hallauer y Miranda (1988), dan las expresiones usadas para calcular la ganancia genética de selecciones a través de diferentes estructuras familiares incluyendo selección recurrente entre líneas S1.

La heredabilidad fue definida por Falconer (1981), como la importancia relativa de la herencia en la determinación de los valores fenotípicos de los individuos. En general, diferenciamos entre heredabilidad en el sentido amplio o estrecho dependiendo de si estudiamos el grado de la determinación genética de un carácter o si estudiamos el grado al cual los fenotipos son determinados por el efecto aditivo de los genes transmitidos de los padres a los descendientes. La heredabilidad puede ser computada a partir del uso de progenies endocriadas, Hallauer y Miranda (1988), o de la regresión de las progenies en los progenitores Smith y Kinman (1965).

## MATERIALES Y METODOS

La población usada en este estudio fue la Nebraska Stiff Stalk Synthetic (NSS). Las familias utilizadas pertenecían a la tercera réplica y el sexto ciclo de selección recurrente entre líneas S1 llevado a cabo por el Programa de Maíz de la Universidad de Nebraska. Las familias S2 fueron generadas en la Florida, en el invierno de 1988, y los experimentos aquí descritos fueron realizados en el verano de 1989 en Nebraska.

Ochenta líneas S1 fueron probadas en dos localidades, en Mead y en Lincoln. Las 80 líneas fueron arregladas en bloques incompletos de 10 familias cada uno. Fueron usadas dos repeticiones por localidad. Las aleatorizaciones se realizaron como son requeridas para un diseño anidado de bloques en repeticiones.

Para los ensayos de líneas S2, 160 líneas, dos S2 derivadas de cada una de las 80 S1 fueron arregladas en bloques incompletos de 20 líneas cada uno. Los bloques incompletos de S2 contenían progenies que correspondían a un bloque específico de líneas S1. Las aleatorizaciones y diseño experimental fueron iguales que para las pruebas de líneas S1.

Para las pruebas de líneas S1 en Lincoln, cada parcela consistía de dos surcos, separados a 0.76 m,

la longitud de las hileras era de 6.08 m. Se sembraron plantas en exceso en cada parcela, y estas fueron luego aclaradas. Un establecimiento de plantas perfecto consistía de 42 plantas por parcela correspondientes a 45322 plantas/ha.

Para las pruebas de S1 en Mead y las S2 en Lincoln, cada parcela consistió de hileras pareadas, separadas a 0.51 m. La separación entre pares de hileras era de 1.016 m. Las hileras contenían 5 golpes, con una separación entre golpes de 0.76 m. En un establecimiento perfecto, cada golpe contenía tres plantas después del aclareo, esto correspondía a una densidad de 51667 plantas/ha.

En cada experimento fue aplicada una dosis de 168 kg/ha de nitrógeno. Todos los experimentos se realizaron bajo riego y en campos que habían sido sembrados de soya durante 1988.

Los datos fueron tomados en base a cada parcela para peso de granos, ajustados a un 15.5% de humedad y para plantas faltantes. El rendimiento de grano fue computado en mg/ha. Se tomaron datos, también para la altura de plantas y mazorcas, como las distancias desde el suelo hasta el primer nudo por debajo de la inflorescencia masculina y el nudo de la mazorca principal, sucesivamente. El porcentaje de plantas paradas fue medido

como el número de plantas no acamadas sobre el número de plantas totales. Se evaluaron también los días a la flor y humedad de grano.

Los datos fueron analizados con un diseño de bloques en repeticiones. Los componentes de varianza obtenidos de los cuadrados medios esperados fueron expresados como covarianzas de familiares, siguiendo los criterios de Cockerham (1963), Horner y Weber (1956). Se hizo la regresión de las medias de las S2 sobre las localidades en los promedios de las S1 para obtener la covarianza progenie-progenitor.

Así, cuatro covarianzas de familiares fueron obtenidas: C011 de los análisis de líneas S1, C022 y  $\delta^2 t t = C122 - C022$  de los análisis de las S2 y C012 de la regresión de la S2 en las S1.

Las equivalencias de esas covarianzas, en términos de los componentes de variabilidad genética (Cockerham 1983) son:

$$C011 = \delta^2 a + \delta^2 d/8 + 5D1/4 + 3D2/16$$

$$C022 = \delta^2 a + \delta^2 d/16 + 3D1/2 + 9D2/32$$

$$\delta^2 t t = \delta^2 a/2 + \delta^2 d/16 + D1 + 9D2/32 + H/16$$

$$C012 = \delta^2 a + \delta^2 d/8 + 5D1/4 + 3D2/16.$$

Ocho modelos diferentes, todos incluyendo  $\delta^2 a$  y de uno a los otros tres parámetros con respecto a  $\delta^2 d$ , D1 y  $\delta^2 aa$  fueron ajustados usando esas

cuatro covarianzas de familiares. Un sistema de ecuaciones de la forma  $A*x=c$  resultó en cada caso. "A" representa la matriz de los coeficientes de los componentes genéticos respectivamente, "x" se refiere a cada uno de los componentes estimados en un modelo dado, y "c" es el valor de la covarianza correspondiente como fue explicado anteriormente.

En el caso del modelo que estimaba los cuatro parámetros, la solución al sistema  $A*x=c$ , está definida por la expresión  $x=A^{-1}*c$  donde "x" es una matriz  $n*1$  desconocida que consistía de los estimados de los parámetros de variabilidad genética, " $A^{-1}$ " es la inversa de la matriz cuadrada "A" formada con los coeficientes de los parámetros genéticos correspondientes a las cuatro covarianzas usadas, y "c" los valores calculados de esas covarianzas.

Para todos los otros casos, donde se estimaban menos de cuatro parámetros, "A" estaba definida por una matriz rectangular. Para ese caso general, las soluciones fueron obtenidas con el uso de la matriz inversa generalizada "G" de Moore-Penrose. Una solución única de los sistemas de ecuaciones  $A*x=c$  era entonces computado como  $x=G*c$ . De acuerdo a Rao and Mitra (1971), la inversa generalizada de Moore-Penrose nos da una solución de mínimos cuadrados del sistema de ecuaciones considerado. La solución es única por ser

al mismo tiempo una solución de norma mínima.

## RESULTADOS

### Variabilidad genética y heredabilidad en el sentido amplio en NSS

Los análisis de líneas S1, para la población NSS (Cuadro 1) mostraron diferencias altamente significativas para todos los caracteres evaluados.

La interacción genotipo x medio ambiente fue significativa al 5% para días a la flor y humedad de granos, y altamente significativa (1%) para altura de plantas en la NSS.

Los análisis de las líneas S2 (Cuadro 2) mostraron mayor interacción de genotipos x medio ambiente que lo ocurrido para las S1 (Cuadro 1). La heredabilidad en el sentido amplio fue computada para NSS (Cuadro 3) notándose una buena precisión para sus estimados. En cada caso la heredabilidad se consideraba significativa por exceder dos veces o más sus desviaciones estándares Hallauer y Miranda (1988). Los estimados de heredabilidad obtenidos de la regresión progenie-progenitor fueron más bajos que los computados a partir de las líneas S1.

### División de la variabilidad genética para la población NSS.

Los estimados de  $\delta^2 a$ ,  $\delta^2 d$ , D1 y  $\delta^2 aa$  fueron



computados para la NSS como fue referido en "Materiales y Métodos".

Los estimados de  $\delta^2 a$  para el rendimiento de grano obtenidos a partir de los modelos que estimaban  $\delta^2 a$ ,  $\delta^2 a + \delta^2 d$  y  $\delta^2 a + D1$  eran comparables entre si. Los estimados de  $D1$  obtenidos a partir de los diferentes modelos que los incluían no fueron muy comparables entre ellos. Los estimados de  $\delta^2 aa$  mostraron bastante concordancia entre ellos, todos eran relativamente altos y negativos, muy probablemente no iguales a cero.

Para plantas no acamadas (Cuadro 4), los estimados de  $\delta^2 a$  en la NSS estuvieron en el rango de 0.002-0.005 para seis de los ocho modelos probados. Los estimados de  $\delta^2 d$  resultaron muy similares en tres de los cuatro modelos en los que este fue incluido. No se obtuvieron estimados consistentes para  $D1$  y  $\delta^2 aa$ .

Para la altura de plantas, el modelo que incluyó  $\delta^2 a$  solamente y  $\delta^2 a + \delta^2 d$  dieron resultados parecidos para la NSS. De nuevo, una buena concordancia para  $\delta^2 d$  se encontró en los modelos que incluían  $\delta^2 a + \delta^2 d + \delta^2 aa$ . La humedad de grano siguió el mismo patrón visto para la altura de plantas en la NSS (Cuadro 4).

En el caso de Días a la Flor (Cuadro 4), seis de los ocho modelos probados dieron resultados muy comparables en

cuanto a los estimados de la varianza aditiva.

### Progreso de la selección recurrente entre S1 para NSS.

El progreso esperado por ciclo de selección de familias S1 para una presión de selección de 10% fue de 11.4%.. Este valor fue calculado como  $Ganancia = k\delta^2 a / \sqrt{[\delta^2 / e + (\delta^2 ae + \delta^2 de / 4) / e + \delta^2 d / 4]}$  dada por Hallauer y Miranda (1988). El valor de  $\delta^2 a$  fue obtenido del modelo que incluía un solo parámetro.  $\delta^2$ ,  $\delta^2 ae + \delta^2 de / 4$  y  $\delta^2 a + \delta^2 d / 4$  fueron igualados a  $\delta^2 e$ ,  $\delta^2 s1.1$ , y  $\delta^2 s1$ . El estimado de progreso por selección se aplica en los próximos ciclos, si las familias son probadas en condiciones ambientales similares a las muestreadas aquí, hasta que la selección, u otra fuerza, afecten la frecuencia de alelos favorables en esta población.

### DISCUSION

La detección de variación significativa entre las familias S1 para la población NSS para todas las características estudiadas sugiere que se puede esperar progreso en la población, seleccionando S1 en la base de su rendimiento en grano, también se podrán modificar los otros caracteres si se hace selección para ellos.

Valores de heredabilidad en el sentido amplio para NSS son presentados en el Cuadro 3 ( $H^2 = 60 = 15$  y  $42 = 7$ ),

calculados a partir de los análisis de varianza de S1 y la regresión progenie-progenitor, respectivamente. En el caso del rendimiento de granos la heredabilidad obtenida y reportada por West (1978) fue de  $35.1=21.6\%$ .

La estimación de los componentes de la variabilidad genética fue hecho para NSS como fue explicado anteriormente para los seis caracteres estudiados, Tabla 4. El tener los datos de rendimiento expresados en Mg/ha y no en gramos/planta nos impidió el comparar nuestros resultados con los resultados de la literatura. El estimado de  $\delta^2a$  usado para hacer inferencias en cuanto a rendimiento y progreso de selección fue el obtenido a partir del modelo que estimaba un parámetro (Cuadro 4). Estimados muy razonables para  $\delta^2a$  y  $\delta^2d$  fueron obtenidos a partir de los modelos que estimaban  $\delta^2a + \delta^2d$  para rendimiento. El estimado de varianza aditiva de este modelo y de aquel que estimaba un solo parámetro fueron casi iguales.

Es notable que aún en el caso de días a la flor, donde se obtuvieron estimados consistentes de  $\delta^2a$  y  $\delta^2d$  para seis de los ocho modelos usados, los estimados para D1 a partir de cuatro modelos en donde se le incluyó dió resultados que eran inconsistentes entre si para este parámetro.

La consistencia de los estimados para la mayoría de

los parámetros de variabilidad genética para días a la flor sugiere que cuando las covarianzas de los familiares usadas en los modelos dan valores consistentes entre si, el resultado de las matrices usadas para hacer las estimaciones de dichos parámetros dan resultados que son más consistentes entre si. Sin embargo, los valores para  $\delta^2d$  estimados para días a la flor del modelo que estimaba  $\delta^2a + \delta^2d$  fue alto, 1.23 veces mayor que el estimado de  $\delta^2a$  que el parámetro de varianza aditiva obtenido a partir del modelo que estimaba un solo parámetro. Los resultados resumidos en Hallauer y Miranda (1988), muestran que  $\delta^2d$  fue, en promedio, tres veces más bajo que el valor de  $\delta^2a$  para días a la flor en la población BSSS. El estimado de  $\delta^2a$  obtenido en el presente trabajo para esta variable era más pequeño que el valor a más bajo de ese reporte (2.68 vs. 4.2).

El estimado de  $\delta^2a$  encontrado en este trabajo para altura de plantas a partir del modelo que estimaba solo un parámetro (Cuadro 4) fue más bajo que el obtenido en los cuatro experimentos resumidos en Hallauer y Miranda (1988) para BSSS. Aún así, ese estimado es comparable con la media de los estimados citados en Hallauer and Miranda (100.4 vs. 189.4). La misma situación se encontró para altura de plantas, nuestro estimado era de 51.20 vs. 110.10 y 84.3

para la BSSS, Hallauer y Miranda (1988).

El progreso por ciclo de selección de familias S1 se estimó para NSS. El valor esperado de progreso resultó ser igual a 11.4% de la media de las S1. El progreso alcanzado para los ciclos uno y dos del mismo material fue reportado por West (1978). Sus estimados fueron 26.9 y 23.4% respectivamente, Odhiambo y Compton (1989), encontraron que el progreso alcanzado después de cinco ciclos de selección había sido 6.7% para cada uno.

Sobre los parámetros de variabilidad genética, en general, los mejores resultados se esperan cuando tenemos valores de covarianzas de familiares que son consistentes con los valores de varianza genética esperados. La consistencia de las covarianzas de familiares entre sí y con los valores de varianza genética esperados pueden ser afectados por causas genéticas y ambientales. La reducción de, al menos, parte de ambos efectos en las mencionadas covarianzas puede ser alcanzado por el diseño del experimento.

Un mejoramiento a la metodología usada aquí, podría ser la evaluación de solo una familia correspondiente a cada S0 probada. Esto, junto con el uso de tantas familias y generaciones como sea posible manejar, puede dar mejores resultados que muestrear la variación entre familias S1

como se hizo en este trabajo. La ventaja del esquema propuesto es que se le aplica igual peso a las varianzas observadas de las diferentes generaciones.

En general, los experimentos deben ser manejados uniformemente, para evitar efectos confundidos de genotipos con variables ambientales cuyo efecto no estamos evaluando.

Las soluciones de mínimos cuadrados obtenidas por el uso de la matriz inversa generalizada de Moore-Penrose era igual a las soluciones dada por el método de los mínimos cuadrados no ponderados de Mather y Jinks (1982), para cinco de siete modelos en los que aplicaron esos métodos. Para los otros dos casos, el método de Mather and Jinks no podía hacer las estimaciones.

### CONCLUSIONES

Se detectaron buenas posibilidades de mejorar la población NSS en su rendimiento, con valor esperado de progreso por ciclo de selección de familias S1 de 11.4.

Suficiente variabilidad fue encontrada en todos los caracteres estudiados para NSS.

En general, en la población NSS no encontramos estimados confiables de D1. Por lo tanto, no pudimos inferir cual sería el efecto

de seleccionar líneas S1 en base a su comportamiento para una característica en el comportamiento de los cruces de las líneas a generarse a partir de esta población.

El uso de la matriz inversa generalizada de Moore-Penrose puede representar un método adecuado para la estimación de los parámetros de variabilidad genética, al menos de las varianzas aditivas y de dominancia, cuando se dispone de un juego de covarianzas de valores consistentes entre ellos mismos.

#### RECOMENDACIONES

Es muy crítico en este tipo de trabajo usar técnicas experimentales adecuadas y uniformes.

El uso de un diseño jerárquico (anidado) de repeticiones en bloques puede ser más apropiado para fines de obtener mejores estimados de variabilidad genética que el diseño de bloques en repeticiones usado.

Medir el progreso real para el ciclo 6 en NSS.

#### BIBLIOGRAFIA

COCKERHAM, C.C. 1961. Implications of genetic variances in a hybrid breeding program. *Crop Sci.* 1:47-52.

COCKERHAM, C.C. 1963. Estimation of genetic variances. pp. 53-94 In W.D.

Hanson and H.F. Robinson (eds.) *Statistical Genetics and Plant Breeding*. NAS-NRC publ. No. 982.

COCKERHAM, C.C. 1983. Covariance of relatives from self-fertilization. *Crop Sci* 23:1177-1180.

COORS, J.G. 1988. Response to four cycles of combined half-sib and S1 family selection in maize. *Crop Sci* 28:891-896.

CORNELIUS, P.L, AND D.A. VAN SANFORD 1988. Quadratic components of covariance of inbreed relatives and their estimation in naturally self-pollinated species, *Crop Sci.* 28:1-7.

DUDLEY, J.W. AND R.H. MOLL 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Sci.* 9:257-262.

FALCONER, D.S. 1981. *Introduction to Quantitative Genetics*. 2nd Ed. Longman: New York.

GOMEZ, K.A., AND A. GOMEZ 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2nd Ed. John Wiley & Sons Inc.: New York.

HALLAUER A.R. AND J.B. MIRANDA 1988. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. 2nd Ed. ISU Press: Ames.

HORNER, T. W. AND C.W. WEBER 1956. *Theoretical and experimental study of self-*

fertilizae populations, B  
Biometrics 12:404-414.

**MOLL, R.H. AND O.S. SMITH.**  
1981. Genetic variances and  
selection responses in an  
advanced generation of a  
hybrid of widely divergent  
populations of maize. Crop  
Sci. 21:387-391.

**ODHIAMBO, M.D. AND W.A.  
COMPTON, 1989.** Five cycles  
of replicated S1 vs.  
reciprocal full-sib index  
selection in maize. Crop Sci.  
29:314-319.

**RAO, C.R. AND S.K. MITRA**  
1971. Generalized Inverse of  
Matrices and its Applications.  
John Wiley & Sons: New York.

**SMITH, J.D. AND M.L. KINMAN**  
1965. The use of parent-  
offspring regression as a  
estimator of heritability.  
Crop Sci. 4:595-596.

**TANNER, A.H. AND O.S. SMITH**  
1987. Comparison of half-sib  
and S1 recurrent selection in  
the Krug yellow Dent maize  
populations. Crop Sci.  
27:509-513.

**WEST, D.R. 1978.** Indirect  
Response of S1 per se and  
Reciprocal Full-Sib Selection  
to Plant Populations Density  
in Corn. PhD Thesis, Univ. of  
Nebraska-Lincoln.

**WEST, D.R., W.A. COMPTON, AND  
M.A. THOMAS. 1980.** A  
comparison of replicated S1  
per se vs. reciprocal full-  
sib index selection in corn.  
Crop Sci. 20:35-42.

CUADRO 1. INFORMACION RELEVANTE DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE LINEAS S1 (CUADRADOS MEDIOS) PARA LA POBLACION NSS.

Fuentes de Variación	G.L.	Rendimiento Grano (Mg ha <sup>-1</sup> )	% plantas No Acamadas (x 102)	Días a Flor.	Altura Planta -----Cms-----	Altura Hazorca -----Cms-----	Humedad Grano (%)
S1 (Bloques)	72	1.795 **	.024 **	14.166 **	536.0 **	318.7 **	3.841 **
Loc x S1	72	.652NS	.099NS	2.357 **	101.25*	75.7NS	1.602 **
Error	144	.805	.0125	1.179	71.67	89.538	.979
C.V. (%)		10.29	13.30	1.46	3.87	8.63	6.17
Error (Head)	72	.337	.020	.617	73.62	90.434	.606
Error (Linc)	72	.682	.0051	1.742	69.71	88.640	1.352
F		2.02	3.92	2.82	1.06	1.02	2.23
Media (Combinado)		6.935	.842	74.25	218.65	109.65	16.04
Media (Head)		5.25	.76	74.08	218.33	108.66	16.22
Media (Lincln)		8.614	.92	74.43	218.98	110.63	15.87

\*, \*\* = variabilidad significativa a las probabilidades de 5% y 1% respectivamente.  
 NS = variabilidad no significativa al nivel de probabilidades del 5%.

CUADRO 2. INFORMACION RELEVANTE DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE LAS S2 (CUADRADOS MEDIOS) SOBRE LOCALIDADES (POBLACION NSS.).

Fuentes de Variación	G.L.	Rendimiento Grano (Mg ha-1)	% Plantas No Acamadas (x 102)	Días a Flor.	Altura Planta	Altura Mazorca	Humedad Grano (%)
S1 (Bloques)	72	4.200 **	.0418 **	27.7 **	1244 **	683 **	14.8 *
S2 (S1 Bloque)	80	2.49 **	.0170 **	7.3 **	475 **	298 **	7.07 *
Loc * S1	72	.744NS	.0138 *	4.3 **	203 **	136NS	6.3NS
Loc * S2(S1)	80	.666 **	.0098NS	1.9NS	74NS	128NS	4.4 **
Error	304	.334	.0106	1.93	87.57	110.3	2.33
C.V.		10.74	12.04	1.83	4.63	10.54	9.70
Error (Mead)	152	.227	.0165	.59	128.61	109.3	.66
Error (Linc)	152	.441	.0046	3.27	46.53	111.4	3.99
F		1.94	3.59	6.01	2.76	1.02	6.0
Medias (Combinado)		5.38	.855	75.77	202.2	99.7	15.72
Medias (Mead)		4.35	.80	74.80	203.1	99.4	15.76
Medias (Lincoln)		6.39	.911	76.74	201.3	99.96	15.69

\*, \*\* = variabilidad significativa al 5% y al 1% de probabilidades de error respectivamente.  
NS = variabilidad no significativa al nivel de probabilidades del 5% de probabilidades de error.

CUADRO 3. ESTIMADO DE HEREDABILIDAD (%) EN EL SENTIDO AMPLIO A PARTIR DE PROGENIES S1, REGRESION PROGENIE-PROGENITOR Y SUS COEFICIENTES DE REGRESION. POBLACION NSS.

Heredabilidad Calculada de	Rendimiento Grano	Plantas No Acamadas	Días a Flor.	Altura Plantas	Altura Mazorca	Humedad Grano
Progenies S1	60 ± 15	55 ± 15	83 ± 16	81 ± 16	73 ± 15	58 ± 17
Regresión p-p	42 ±	35 ± 5	53 ± 4	39 ± 7	31 ± 7	58 ± 17
Coef. Regresión	.62 ± .10	.53 ± .08	.80 ± .06	.58 ± .099	.46 ± .108	.74 ± .137

Regresión p-p = regresión progenie-progenitor.



CUAORO 4. ESTIMADOS DE VARIANZAS GENETICAS A PARTIR DE OCHO MODELOS PARA SEIS CARACTERES ESTUDIADOS, POBLACION MSS.

Parámetros Incluidos	-----Rend. Grano----- (Mg ha-1)				----% Plantas No Acamadas---- (x 102)				-----Altura Plantas----- (cms.)			
	a2A	a2D	D1	a2AA	a2A	a2D	D1	a2AA	a2A	a2D	D1	a2AA
a2A + a2D + D1 + a2AA	3.681	-1.476	.711	-2.311	.020	- .008	- .006	- .009	165.90	264.00	41.99	-165.20
a2A + a2D + D1	-1.217	2.614	.880		.002	.007	.0003		-184.28	556.44	156.05	
a2A + a2D + a2AA	1.521	.364		-1.314	.0032	.006		- .00078	292.67	155.99		-223.73
a2A + D1 + a2AA	2.005		- .162	-1.542	.011		- .0025	- .0043	465.66		-57.00	-302.73
a2A + a2AA	1.559			-1.299	.004			- .0005	308.92			-217.23
a2A + D1	- .162		.362		.005		- .0010		40.13			45.81
a2A + a2D	.283	.192			.0025	.006			81.78	126.65		
a2A	.3104				.003				100.04			
Parámetros Incluidos	-----Altura Mazorca----- (cms.)				-----Días a Flor-----				-----Humedad Grano----- (%)			
	a2A	a2D	D1	a2AA	a2A	a2D	D1	a2AA	a2A	a2D	D1	a2AA
a2A + a2D + D1 + a2AA	-407.5	532.0	172.0	163.0	14.843	-7.311	-4.138	-5.925	4.487	-3.123	- .820	-2.426
a2A + a2D + D1	-61.96	243.39	59.69		2.286	3.175	- .048		- .555	1.170	.854	
a2A + a2D + a2AA	112.25	89.08		- 76.8	2.355	3.329		- .161	2.112	-1.014		-1.284
a2A + D1 + a2AA	196.48		- 27.25	-114.0	6.542		-1.396	-2.117	1.040		.351	- .799
a2A + a2AA	121.53			- 73.14	2.702			- .022	2.006			-1.326
a2A + D1	36.20		11.47		3.566		- .677		- .083		.622	
a2A + a2D	39.81	80.00			2.203	3.310			.902	-1.183		
a2A	51.20				2.680				.731			

# REPORTE SOBRE EL DESARROLLO DE GERMOPLASMA DE MAIZ DE TIERRAS ALTAS EN EL ECUADOR (Período 1978-1990)

M. Caviedes C. <sup>1</sup>

## RESUMEN

El maíz constituye uno de los cereales más importantes en la Sierra Ecuatoriana; es un alimento básico en la dieta diaria, y una de las fuentes de carbohidratos y proteínas para la alimentación de una gran parte de pequeños agricultores de esta región. El área sembrada con maíces harinosos y morochos blancos y amarillos, ocupa una extensión de 125,061 ha, con una producción de 71.574 toneladas métricas y un rendimiento promedio de 646 kg/ha M.A.G. 1985 - I.N.E.C. 1989. El Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, ha realizado trabajos de mejoramiento genético, buscando obtener variedades mejoradas con amplia adaptación, estabilidad y mayor productividad, con base en un esquema de mejoramiento que incluye el desarrollo de poblaciones básicas, poblaciones avanzadas y variedades experimentales.

A partir del año 1978 y mediante un convenio de cooperación entre el INIAP y el CIMMYT se desarrollaron ocho

Poblaciones Básicas (Pooles Genéticos) de amplia base genética con contribución de germoplasmas de los países Andinos y el CIMMYT. Estas poblaciones se diferenciaron por su tipo, color de grano y período vegetativo, los cuales se denominaron: Pool Andino 1 (Blanco, Harinoso Precoz), Pool Andino 2 (Blanco, Harinoso Tardío), Pool Andino 3 (Amarillo Harinoso Precoz), Pool Andino 4 (Amarillo Harinoso Tardío), Pool Andino 5 (Blanco Morocho Precoz), Pool Andino 6 (Amarillo Morocho Precoz), Pool Andino 7 (Blanco, Morocho Tardío) y Pool Andino 8 (Amarillo Morocho Tardío). Además, se desarrollaron Poblaciones de Maíz reventón (canguil), dulce (chulpi), varios por chillos (Amarillo Harinoso Intermedio) y de Amarillo Duro Tardío. Con base en estas poblaciones básicas se han desarrollado Poblaciones avanzadas y Variedades Experimentales; lo cual ha permitido la liberación de seis variedades mejoradas de maíz en el período 1980-1990, denominada INIAP-101, INIAP-130, INIAP-131, INIAP-180, INIAP-192 e INIAP-198; las cuales se han caracterizado

---

<sup>1</sup> Ing. Agr. MSc. Director Técnico y Coordinador Nacional Programas Maíz INIAP. Apartado 2600 Quito-Ecuador.

por su amplia adaptación, buenas características agronómicas, estabilidad y buen potencial de rendimiento.

## INTRODUCCION

El maíz andino de tierras altas ha tenido una limitada introgresión con maíces de otras partes del mundo. Por lo tanto, se ha adaptado una estrategia de mejoramiento a fin de ampliar la base genética de los maíces harinosos y morochos mediante la incorporación de germoplasma de diferentes fuentes disponibles, Taba (1983).

A partir del año 1978 y mediante un convenio de cooperación entre el INIAP y el CIMMYT se desarrollaron ocho poblaciones básicas con el propósito de generar variedades de maíz harinoso y morocho de alto rendimiento, amplio rango de adaptación, mayor precocidad y con mayor resistencia y/o tolerancia al ataque de plagas y enfermedades.

El presente reporte tiene como principal objetivo el presentar los logros obtenidos en el mejoramiento genético del maíz de tierras altas en el Ecuador, describiendo el trabajo y metodología implementada para conseguir variedades de maíz adaptadas a las condiciones de esta importante región.

### Desarrollo de poblaciones

El Programa de Mejoramiento de Maíz para tierras

altas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP tiene como base ocho poblaciones generadas en base al Convenio INIAP-CIMMYT y son: Pool Andino 1, Pool Andino 2, Pool Andino 3, Pool Andino 4, Pool Andino 5, Pool Andino 6, Pool Andino 7 y Pool Andino 8.

Estos Pooles han sido manejados mediante un esquema de mejoramiento que incluye un sistema de medios-hermanos; las mejores familias de medios hermanos han sido seleccionadas con la finalidad de desarrollar hermanos completos, los cuales una vez evaluados y seleccionados son la base para la generación de variedades experimentales y comerciales.

Algunos aspectos importantes de cada una de estas poblaciones son consideradas a continuación.

#### Pool Andino 1

Esta población fue generada en el ciclo agrícola 1979-1980 y lleva 10 ciclos de selección y recombinación.

Es un material de maíz blanco harinoso precoz, formado con germoplasma procedente de Perú, Bolivia, Ecuador y CIMMYT.

Se adapta bien en altitudes entre los 2.500-2.800m.

#### Pool Andino 2

Población generada en el ciclo agrícola 1987-1988; es

un material de maíz blanco harinosos tardío, formado con germoplasma procedente de Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia y CIMMYT. Su rango de adaptación está entre los 2.500 y 2.800 m de altitud.

#### **Pool Andino 3**

Población desarrollada en el ciclo agrícola 1977-1978, se trabajó con ésta población hasta el ciclo agrícola 1985-1986; es un material amarillo harinoso precoz, formado con germoplasma procedente de Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia y CIMMYT. Se adapta bien en altitudes entre los 2.400 y 2.800 m.

#### **Pool Andino 4**

Población generada en el ciclo agrícola 1978-1979, lleva 11 ciclos de selección y recombinación; es un material de maíz amarillo harinoso tardío, formado con germoplasma originario de Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia y CIMMYT. Su rango de adaptación está entre los 2.400 y 2.900 m de altitud.

#### **Pool Andino 5**

Población desarrollada en el ciclo agrícola 1979-1980, lleva 10 ciclos de selección y recombinación; es una población de maíz blanco morocho precoz, formada con germoplasma proveniente de Colombia, Perú, Bolivia, Ecuador y CIMMYT. Se adapta bien en altitudes entre 2.400 y 2.900 m.

#### **Pool Andino 6**

Población generada en el ciclo agrícola 1979-1980; se trabajó con esta población hasta el ciclo agrícola 1985-1986; es un material amarillo morocho precoz, formada con germoplasma proveniente de Perú, Colombia, Bolivia, Ecuador y CIMMYT. Su rango de adaptación está entre los 2.400 y 2.800 m.

#### **Pool Andino 7**

Población desarrollada en el ciclo agrícola 1979-1980, lleva 10 ciclos de selección y recombinación; es una población de maíz blanco morocho tardío, y formada con germoplasma originario de Guatemala, Ecuador, Bolivia, Colombia, Perú y CIMMYT. Se adapta bien en altitudes entre los 2.400 y 2.900 m.

#### **Pool Andino 8**

Población generada en el ciclo agrícola 1981-1982, lleva 8 ciclos de selección y recombinación; es una población de maíz amarillo morocho tardío, formada con germoplasma provenientes de Guatemala, Ecuador, Bolivia, Colombia, Perú y CIMMYT. Su rango de adaptación está entre los 2.400 y 2.900 m.

#### **Desarrollo de variedades**

El programa de maíz de la Estación Experimental "Santa Catalina" del INIAP, ha realizado trabajos de mejoramiento genético en la sierra ecuatoriana, obtenien-

do en los últimos 10 años las siguientes variedades mejoradas: INIAP-101 (blanco harinoso precoz), INIAP-130 (amarillo harinoso precoz), INIAP-131 (amarillo harinoso tardío), INIAP-180 (amarillo morocho tardío), INIAP-192 (chilpi) e INIAP-198 (canguil). Estas variedades se han caracterizado por su amplia adaptación, mayor estabilidad y productividad.

Se describen a continuación algunas de las características más sobresalientes de estas variedades:

#### **INIAP - 101**

La variedad mejorada de maíz INIAP-101 se desarrolló en el período 1971 a 1979. Tiene como progenitor a la raza "Cacahuazintle" de México. El material original de esta variedad fue introducido de CIMMYT (México) e ICA (Colombia). Las principales características son: floración femenina 92 días, altura de planta 1.95 m, altura de mazorca 0.94 m, de grano grande, blanco harinoso; cosecha en choclo 120 días, período vegetativo 205, días Caviedes (1984).

El rendimiento promedio de la variedad mejorada INIAP-101, evaluada en varias localidades y provincias de la sierra ecuatoriana en el período 1981 - 1983 es de 3.383 kg/ha (Cuadro 1).

#### **INIAP - 130**

La variedad mejorada de maíz INIAP-130 se originó y desarrolló en el período 1979

- 1985, a partir de la población denominada varios por chillos que corresponde a la generación avanzada de los cruzamientos entre la raza chillos y los siguientes materiales: compuesto amarillo harinoso, compuesto grano grande, compuesto precoz blanco harinoso, compuesto cacahuazintle, precoz-titicaca y precoz-titicaca chihuahua, Caviedes y Moreno (1985). Sus principales características son floración femenina 101 días, altura de planta 2.10 m, altura de mazorca 1.10 m, de grano grande amarillo harinoso: cosecha en choclo 135 días, período vegetativo 220 días.

El rendimiento promedio de la variedad mejorada INIAP 130, evaluada en 9 localidades de la sierra fue de 3,670 Kg/ha en el ciclo agrícola 1982 - 1983, y de 3.015 Kg/ha en el ciclo agrícola 1983 - 1984 (Cuadros 2 y 3).

#### **INIAP - 131**

La variedad mejorada de maíz INIAP-131 se desarrolló en el período 1982-1988 a partir del Pool Andino 4, que corresponde a la generación avanzada (c3) de los cruzamientos entre la raza chillos y los siguientes materiales: harinoso duro y dentado de Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia, CIMMYT, sabanero amarillo, quandango, ishca, marañón, umutu, cacao, cacahuazintle, pachia, ancho y otros, Caviedes (1988). Las principales características de esta variedad son: floración femenina 116 días, altura de planta 2.50 m,

altura de mazorca 1.60 m. de grano grande amarillo harinoso; cosecha en choclo 150 días, período vegetativo 260 días.

El rendimiento promedio de la variedad mejorada INIAP -131 evaluada en 8 localidades de la sierra, en el ciclo 1984 - 1985, fue de 4.469 kg/ha y en los ciclos 1985 - 1986 y 1986 - 1987 de 4.561 y 5.926 kg/ha, respectivamente en 9 y 10 localidades; estos resultados se registran en los Cuadros 4, 5 y 6.

#### **INIAP - 180**

La variedad mejorada de maíz INIAP - 180 se generó en el período 1978 - 1985 a partir de la población amarillo duro tardío, que corresponde a los cruzamientos entre: INIAP - 176, INIAP - 178, INIAP - 176 por Pool 4B, ICA V-507 y MB 517 por ICA - V - 507, Caviedes y Moreno (1985). Las principales características de esta variedad son: floración femenina 125 días, altura de planta 2.70 m, altura de mazorca 1.70 m, de grano mediano, amarillo, duro; período vegetativo 260 días.

El rendimiento promedio de la variedad mejorada INIAP - 180 evaluada en 10 y 24 localidades de la sierra en los ciclos agrícolas 1982 - 1983 y 1983 - 1984 fue de 3.970 y 3.156 Kg/ha, respectivamente (Cuadros 7 y 8).

#### **INIAP - 192**

La variedad mejorada de maíz INIAP - 192 se desarro-

llo en el período 1983 - 1989 a partir de una población de maíz chulpi, que corresponde a los cruzamientos de maíces del tipo endosperma dulce precoz, provenientes de las áreas maiceras de las provincias de Pichincha y Chimborazo, Caviedes y Silva (1990). Esta variedad presenta como características principales las siguientes: floración femenina 109 días, altura de planta 1.95 m, altura de mazorca 1.05 m, de grano pequeño, amarillo, arrugado; período vegetativo 240 días.

El rendimiento promedio de la variedad mejorada INIAP - 192, evaluada en 7 localidades de la sierra en el ciclo agrícola 1985 - 1986 fue de 3,697 kg/ha (Cuadro 9). En los ciclos agrícolas 1986 - 1987, 1987 - 1988 y 1988 - 1989 fue de 4.206, 3.021 y 1.874 kg/ha respectivamente, en 9 localidades en los dos primeros ciclos y en 5 localidades en el último, estos resultados se muestran en los Cuadros 10, 11 y 12.

#### **INIAP - 198**

Esta variedad mejorada de maíz se desarrolló en el período 1982 - 1988, a partir de una población de maíz canguil, que corresponde a los cruzamientos de maíces de tipo reventón precoz, provenientes de las áreas maiceras de las provincias de Imbabura, Pichincha y Cotopaxi, Caviedes (1988).

La variedad presenta como principales características: floración femenina 105

días, altura de planta 1.90 m, altura de mazorca 1.10 m, de grano pequeño, blanco puntiagudo; período vegetativo 235 días.

El promedio de rendimiento de la variedad INIAP - 198 evaluada en 9 y 11 localidades de la sierra en los ciclos agrícolas 1985 - 1986 y 1986 - 1987 fue de 3.055 y 3.309 kg/ha, (Cuadros 13 y 14).

### **Estudios sobre parámetros de estabilidad en variedades mejoradas**

Las variedades generadas por el Programa de maíz para tierras altas de la Estación Experimental "Santa Catalina" del INIAP son evaluadas a través de diferentes localidades lo que permite conocer el comportamiento y estabilidad de los materiales en prueba.

En los ciclos agrícolas 1986 - 1987, 1987 - 1988 y 1988 - 1989 en 14 y 15 localidades de la sierra ecuatoriana, se evaluaron genotipos precoces y tardíos de maíz de altura respectivamente. Las variedades precoces INIAP - 101, 130, 192, 198 y un testigo local y las variedades tardías INIAP - 131 e INIAP - 180 y un testigo local sirvieron para realizar un estudio de parámetros de estabilidad, Cuadros 15 y 17.

Para la evaluación de estas variedades se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones para los dos

grupos. La parcela neta estuvo constituida por dos surcos de 5m de longitud con 44 plantas y con una densidad de población de 50.000 plantas/ha.

Se realizó el análisis de estabilidad para rendimiento ajustado al 14% de humedad de los 5 genotipos precoces y de los 3 tardíos, siguiendo la metodología de Eberhart y Rusell (1966), con las 14 y 15 localidades, respectivamente.

Los rendimientos promedio y parámetros de estabilidad obtenidos de los 5 genotipos precoces a través de 14 localidades se presentan en el Cuadro 16, observándose que la variedad INIAP - 192 se muestra como estable, ya que presenta coeficientes de regresión  $b_i = 1$  y una desviación de la regresión  $S^2_{di} = 0$ . Al analizar la información presentada en esta tabla, la variedad INIAP - 130 supera en rendimiento al testigo (chaucho) y a las otras tres variedades mejoradas, Figura 1. Las variedades INIAP - 192 e INIAP - 198 presentan rendimientos más bajos lo que se atribuye al tipo de endospermo, tamaño y peso del grano, características que les da un menor potencial de rendimiento en relación a los tipos harinosos o amiláceos.

Los resultados obtenidos en cuanto a rendimientos promedio y parámetros de estabilidad de los 3 genotipos tardíos a través de 15 localidades se presentan en el Cuadro 18, donde se puede

observar que la variedad INIAP - 131 se muestra como la más estable, ya que presenta un coeficiente de regresión  $b_i=1$  y una desviación de la regresión  $S^2_{di}$  cercana a 0.

La información presentada en el Cuadro 18 muestra que la variedad INIAP - 180 supera en rendimiento al testigo local Guadango y a la variedad INIAP - 131 (Figura 2). Este puede atribuirse, a que los tipos morochos tienen un mayor potencial de rendimiento que los tipos harinosos o amiláceos de acuerdo con las evaluaciones realizadas por el Programa de Maíz a través de algunos años y en varias localidades de la sierra ecuatoriana. El análisis del rendimiento de las variedades o genotipos precoces para los 14 ambientes considerados, indica que las variedades presentaron diferencias altamente significativas entre ellas, así como en la interacción ambientes por variedades; lo que podría atribuirse a la existencia de grandes diferencias en las características ambientales entre sitios de prueba y a que las variedades presentaron diferencias en su grado de adaptación.

El comportamiento en cuanto a rendimiento de las variedades o genotipos tardíos a través de los 15 ambientes de evaluación muestra que las variedades presentaron diferencias altamente significativas entre ellas lo que es un indicativo de que tienen

diferente grado de adaptación. No se encontraron diferencias significativas en la interacción ambientes, por variedades, lo que indica que las variedades tuvieron similar respuesta a través de todos los ambientes.

La estimación de los parámetros de estabilidad de acuerdo a la metodología propuesta por Eberhart y Russel (1966) resulta eficiente para agrupar a las variedades de acuerdo a su respuesta a las diferentes condiciones ambientales y permite seleccionar las variedades o genotipos estables.

#### BIBLIOGRAFIA

CAVIEDES, C.M. 1984 - "INIAP-101". Una variedad de Maíz Blanco Precoz. Inst. Nal. de Inv. Agro. INIAP. Plegable N-82.

CAVIEDES, C.M. 1988. Información Técnica sobre las Nuevas Variedades de Maíz INIAP-131 e INIAP-198 (Canguil). Programa de Maíz E.E. Santa Catalina. INIAP.

CAVIEDES, C.M. Y MORENO, A.F. 1985. Información Técnica sobre las Nuevas Variedades de Maíz INIAP-130 e INIAP-180. Programa de Maíz E.E. Santa Catalina. INIAP.

CAVIEDES, C.M. Y SILVA, C.E. 1990. Información Técnica sobre la Nueva Variedad de Maíz INIAP-192 (Chulpi mejorado). Programa de Maíz E.E. Santa Catalina INIAP.



**EBERHART, S.A. Y RUSSELL, W.A. 1966.** Stability parameters for comparing varieties. Crop. Science 6: 34-40.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. M.A.G.**

**1985.** Estimación de la Superficie Cosechada y la Producción Agrícola del Ecuador. Quito, Ecuador.

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS 1989.** Sistema Estadístico Agropecuario Nacional. Encuesta de Superficie y producción por Muestreo de Areas.

**TABA, S. 1983.** Mejoramiento de Maíz Harinosos y Morocho de la Zona Andina. Memorias X Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Abril 1982. Santa Cruz, Bolivia. pp. 158-171.

CUADRO No. 1. RENDIMIENTO DE "INIAP-101" EN CUATRO PROVINCIAS DE LA

=====		
VARIEDAD INIAP - 101		
PROVINCIA	Kg/ha	qq/ha
-----		
IMBABURA	2.640	58
PICHINCHA	4.582	100
COTOPAXI	2.485	54
CHIMBORAZO	3.825	84
P R O M E D I O	3.383	74

(\*) Promedios experimentales de tres años (1981 - 1983 en varias loc

CUADRO 2. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha CON 15% DE HUMEDAD DE LAS VARIETADES INIAP-101 EVALUADAS EN 9 LOCALIDADES DE LA SIERRA EN EL C

=====		
LOCALIDAD/PROVINCIA	INIAP-130	TESTIGO INIAP-101
-----		
Quinchuquí-Imbabura	2.200	1.910
Quitumba-Imbabura	1.520	690
Santa Catalina-Pichincha	8.350	6.470
Cunchibamba-Cotopaxi	1.610	900
Toaylin-Cotopaxi	2.760	2.810
Quimiag-Chimborazo	5.650	3.970
Puela-Chimborazo	1.450	850
Chuquipata-Cañar *	6.190	3.620
Susudel-Azuay	3.320	1.940
P R O M E D I O	3.670	2.560

\* Los rendimientos en las Estaciones Santa Catalina y Chuquipata son probablemente a que se utilizó una fertilización de 120 kg de N y 40 kg de P por hectárea, en las otras localidades fue de 80 Kg de N y 40 kg de P

CUADRO 3. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha CON 14% DE HUMEDAD DE LA VARIEDAD INIAP- Y DOS TESTIGOS LOCALES EVALUADOS EN 24 LOCALIDADES DE LA SIERRA EN EL CICLO 1983-84. \*

LOCALIDADES/PROVINCIA	INIAP-130	TESTIGO LOCAL 1	TESTIGO LOCAL 2
Cotoma-Imbabura	3.578	3.438	3.845
Imbabuela-Imbabura	2.622	1.525	979
Imantag-Imbabura	3.156	5.317	2.217
Yaguarcocha-Imbabura	5.624	6.301	5.195
San Blas-Imbabura	2.503	2.322	2.760
Achiliguano-Cotopaxi	3.472	2.793	2.596
Cunchilbamba-Cotopaxi	2.616	2.925	1.848
Guanaylin-Cotopaxi	3.913	1.117	1.637
Lampata Ch.-Cotopaxi	1.558	2.619	1.802
Quero-Tangurahua	1.364	2.602	2.563
Asacucho-Chimborazo	4.670	3.462	3.456
Quimiag-Chimborazo	1.084	1.453	1.390
Nabuso-Chimborazo	2.767	2.718	2.036
Pachanillay-Chimborazo	3.950	3.096	3.096
Palitahua_Chimborazo	4.108	3.647	3.647
Zizate-Chimborazo	4.194	2.151	3.060
Chuquipata-Cañar	3.220	3.392	3.870
Charcay-Cañar	2.294	517	1.689
El Tambo-Cañar	943	610	470
Pindilig-Cañar	1.297	902	749
La Merced-Azuay	3.071	3.423	3.862
Racar-Azuay	4.568	2.051	1.735
Ricaurte-Azuay	804	1.990	1.632
Sinincay-Azuay	4.884	3.453	2.487
P R O M E D I O	3.015	2.666	2.444

(\* ) la fertilización utilizada para todas las localidades fue de 80 kg de N y 40

CUADRO 4. RENDIMIENTOS PROMEDIOS EN kg/ha CON 14% DE HUMEDAD DE LA VARIEDAD INIAP 131 Y DOS TESTIGOS LOCALES EVALUADOS EN 8 LOCALIDADES DE LA SIERRA EN EL CICLO 1984 Y 1985

LOCALIDAD/PROVINCIA	INIAP-131	TESTIGO 1 * LOCAL	TESTIGO 2 * LOCAL
Otavalo-Imbabura	4.300	3.010	4.250
Santa Catalina (ES) Pichincha	4.100	5.030	3.360
Santa Catalina (OR) Pichincha	6.690	5.250	4.080
Santa Catalina (OR) Pichincha	7.430	4.460	4.390
Guaranda-Bolívar	3.740	1.880	2.420
El tambo-Cañar	1.250	580	1.580
Ricaurte-Azuay	4.970	4.740	4.860
	3.270	2.290	3.060
P R O M E D I O	4.469	3.405	3.500

\* Los testigos locales variaron a través de localidades y fueron materiales amarillo tardíos y morochos y amarillos tardíos.

CUADRO 5. RENDIMIENTOS PROMEDIOS EN kg/ha CON 14% DE HUMEDAD DE LA VARIEDAD INIAP-131 UN TESTIGO LOCAL EVALUADOS EN 9 LOCALIDADES DE LA SIERRA EN EL CICLO 1985-8

LOCALIDAD/PROVINCIA	INIAP-131	TESTIGO LOCAL *
Cotacachi-Imbabura	5.616	4.350
Santa Catalina (ES) Pichincha	1.181	325
Santa Catalina (OR) Pichincha	4.596	2.200
Santa Catalina (OR) Pichincha	4.591	3.986
Yaruquí-Pichincha	1.395	634
Salcedo-Cotopaxi	5.110	3.843
Ambato-Tungurahua	5.246	3.696
Guaranda-Bolívar	6.608	3.575
Quimiag-Chimborazo	6.717	4.610
P R O M E D I O	4.561	3.025

\* Guadango ES: Lote D2 OR: Lote Chilcapamba

CUADRO 6. RENDIMIENTOS PROMEDIOS EN kg/ha CON 14% DE HUMEDAD DE LA VARIEDAD INIAP-131 UN TESTIGO LOCAL EVALUADOS EN 10 LOCALIDADES DE LA SIERRA EN EL CICLO 1986-

LOCALIDAD/PROVINCIA	INIAP-131	TESTIGO LOCAL *
Paribuela-Imbabura	4.751	3.246
Quinchuquí-Imbabura	7.539	6.646
Otavalo-Imbabura	5.103	5.537
Cayambe-Pichincha	6.974	3.322
Santa Catalina (ES) Pichincha	3.211	1.332
Santa Catalina (OR) Pichincha	5.057	3.296
Santa Catalina (OR) Pichincha	7.319	5.089
Santa Catalina (OR) Pichincha	7.358	3.233
Guaranda-Bolívar	5.776	5.276
Cañar-Cañar	6.171	3.095
P R O M E D I O	5.926	4.007

\* Huandango

ES: Lote D2

CUADRO 7. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha CON 15% DE HUMEDAD DE LA VARIEDAD INIAP-180 EVALUADA EN 10 LOCALIDADES DE LA SIERRA EN EL CICLO 1982-83.

LOCALIDAD/PROVINCIA	INIAP-180	TESTIGO INIAP-176
Casco Valenzuela-Imbabura	4.720	4.960
Quinchuquí-Imbabura	3.730	4.480
Quitamba-Imbabura	1.900	1.130
Santa Catalina-Pichincha	5.660	4.690
Cunchibamba-Cotopaxi	1.870	2.440
Toaylin-Cotopaxi	4.130	3.580
Quimiag-Chimborazo	3.710	2.440
Puala-Chimborazo	1.640	1.260
Chuquipata-Cañar *	7.090	7.980
Susudel-Azuay	5.280	5.410
P R O M E D I O	3.970	3.800

\* Los rendimientos en las estaciones Santa Catalina y Chuquipata son más altos debido probablemente a que se utilizó una fertilización de 120 kg de N y 90 kg de P205/ha en las otras localidades fue de kg de N y 40 kg de P205.

CUADRO B. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha CON 14% DE HUMEDAD DE LA VARIEDAD INIAP-180 Y DOS TESTIGOS LOCALES EVALUADAS EN 24 LOCALIDADES DE LA SIERRA EN EL CICLO 1983-84. \*

LOCALIDADES/PROVINCIA	INIAP 180	TESTIGO LOCAL 1	TESTIGO LOCAL 2
Cotama-Imbabura	2.648	3.498	3.845
Imbabuela-Imbabura	2.316	1.525	978
Imantag-Imbabura	6.236	5.317	2.217
Yaguarcocha-Imbabura	6.529	6.381	5.195
San Blas-Imbabura	2.164	2.322	2.760
Achiliguano-Cotopaxi	3.113	2.793	2.596
Cunchilbamba-Cotopaxi	3.607	2.925	1.848
Guanaylin-Cotopaxi	2.059	1.117	1.637
Lampata Ch.-Cotopaxi	2.767	2.619	1.902
Quero-Tangurahua	972	2.602	2.563
Asacucho-Chimborazo	4.058	3.462	3.456
Quimiag-Chimborazo	1.229	1.453	1.390
Nabuso-Chimborazo	2.098	2.718	2.036
Pachanillay-Chimborazo	4.190	3.096	3.096
Palitahua_Chimborazo	5.620	3.647	3.647
Eizate-Chimborazo	4.022	2.151	3.060
Chuquipata-Cañar	4.953	3.392	3.870
Charcay-Cañar	2.630	517	1.689
El Tambo-Cañar	564	610	470
Pindilig-Caña	1.062	902	749
La Merced-Azuay	3.999	3.423	3.862
Racar-Azuay	2.933	2.051	1.735
Ricaurte-Azuay	1.587	1.990	1.632
Sinincay-Azuay	4.381	3.453	2.487
P R O M E D I O	3.156	2.666	2.444

(\* ) la fertilización utilizada para todas las localidades fue de 80 kg de N y 40 de P2O5/ha.

CUADRO 9. PROMEDIOS PARA RENDIMIENTO (kg/ha) DE NUEVE MAICES PRECOCES DE ALTURA, EN SIETE LOCALIDADES DE LA SIERRA ECUATORIANA, 1985-1986.

VARIEDAD	PICHINCHA		IMBABURA	COTOPAXI	TUNGURAHUA	CHIMBORAZO	BOLIVAR	X VARIEDAD
	STA. CATALINA Huasipungo	STA. CATALIN Chilcapamba	COTACACHI	SALCÉDO	AMBATO	QUIMIAG	GUARANDA	
1. INIAP-192	2.273	3.426	4.876	2.112	3.749	5.572	3.874	3.697
2. POOL-1	3.399	6.030	4.972	2.498	3.126	5.984	4.516	4.359
3. INIAP-198	2.392	3.377	4.745	2.673	3.585	4.807	3.702	3.612
4. INIAP-101	3.249	5.001	4.125	1.499	2.883	5.515	4.303	3.796
5. POOL-5	3.517	5.833	5.190	3.417	5.001	5.194	5.027	4.740
40 6. ACROSS-81-04	4.390	5.844	5.995	3.189	5.113	6.730	6.230	5.356
7. ACROSS-81-01	3.827	5.925	5.547	2.816	3.470	5.931	4.643	4.594
8. INIAP-130	3.990	5.529	4.843	2.461	4.303	5.458	5.545	4.551
9. CHAUCHO (testigo)	1.956	2.536	5.069	2.174	2.461	4.904	3.334	3.205
X LOCALIDAD	3.221	4.803	5.040	2.537	3.743	5.566	4.575	4.212
COEFICIENTE VARIACION (%)	16.6	15.4	16.8	34.5	20.9	13.1	19.1	

CUADRO 10. PROMEDIOS PARA RENDIMIENTO (kg/ha) DE 9 MAICES PRECOCOS DE ALTURA, EN 9 LOCALIDADES DE LA SIERRA ECUATORIANA, 1986-1987.

VARIETADES	LOCALIDADES									X VARIEDAD
	PICHINCHA			IMBABURA		BOLIVAR	AZUAY	CAÑAR	CAÑAR	
	CHILCAPANBA	HUASIPONGO	CAYAMBE	OTAVALO	PERIBUELA	QUINCHUQUI	LAGUACOTO	RICARTE		
POOL ANDINO 1	6450	5657	5043	4996	2506	6166	3923	1414	6590	4750
POOL ANDINO 5	4841	5171	5229	5672	3627	7615	4902	2815	7030	5212
ACROSS-81-01	6368	5611	4331	6166	2474	7012	3166	2234	6910	4919
ACROSS-81-04	6260	5517	5771	7359	3804	7642	5144	2895	7344	5758
INIAP-130	6667	7144	6164	6261	3357	7014	5063	1944	6769	5598
INIAP-192	4505	4363	4047	4844	2092	5743	3884	2091	6290	4206
INIAP-198	3406	4261	2727	4608	2183	5003	3092	1894	5811	3665
INIAP-101	6570	6202	5042	4937	2515	6224	3314	1466	6118	4710
CHAUCHO (Testigo)	3701	3750	5053	5571	3075	6224	4613	2755	6826	4618
PROMEDIO LOCALIDAD	5419	5297	4823	5602	2849	6496	4123	2160	6642	4825
COEFICIENTE DE VARIACION (%)	17.7	14.4	19.7	14.5	16.2	12.3	19.2	26.2	16.4	



CUADRO 11. PROMEDIOS PARA RENDIMIENTO (kg/ha) DE 9 MAICES PRECOSES DE ALTURA EN 4 LOCALIDADES DE LA SIERRA ECUATORIANA, 1987-1988.

VARIEDAD	PICHINCHA		IMBABURA	CHIMBORAZO	X VARIEDAD
	HUASIPUNGO	GRADAUCO	OTAVALO	QUIMIAG	
INIAP-101	3945	4032	4852	3845	4169
INIAP-130	4877	4923	5170	4542	4878
INIAP-192	2539	2905	3815	2824	3021
INIAP-198	2497	3525	2824	2716	2891
SC-85-05	4802	4980	6842	4973	5399
SC-POOL-5-C3	4198	5051	6556	4150	4989
CH-POOL-5-C3	3165	5234	6846	3807	4763
SC-POOL-2-C4	3379	3764	4156	3527	3707
CHAUCHO (Testigo)	2962	4049	6235	3563	4202
PROMEDIO LOCALIDAD	3596	4274	5255	3772	4224
COEFICIENTE DE VARIACION (%)	41.7	21.5	14.7	22.8	

CUADRO 12. PROMEDIOS PARA RENDIMIENTO (kg/ha) DE 9 MAICES PRECOCES DE ALTURA, EN  
5 LOCALIDADES DE LA SIERRA ECUATORIANA 1988-1989

VARIEDAD	LOCALIDADES					
	PICHINCHA		AZUAY		IMBABURA	
	ANCHAMAHA	GRADUACO	HUASIPUNGO	RICAUARTE	OTAVALO	X VARIEDAD
SC-86-01 (L1)	3311	2633	1435	3597	2062	2608
SC-86-01 (12)	3492	2548	1538	3227	2596	2680
AC-86-01 (11 y L2)	3289	2568	1293	3414	2662	2645
INIAP-101	2471	2461	938	2826	1979	2135
INIAP-130	4441	3935	1976	3567	2916	3367
INIAP-155	3441	3493	2060	3383	2566	2989
INIAP-192	1962	1839	1025	2171	2373	1874
INIAP-198	2744	1963	1167	2828	1642	2069
CHAUCHO (Testigo)	4297	3089	2129	2895	3266	3135
PROMEDIO LOCALIDAD	3272	2725	1507	3101	2451	2611
COEFICIENTE VARIACION (%)	19.2	22.7	25.2	18.8	31.3	

CUADOR 13. RENDIMIENTO PROMEDIOS EN kg/ha CON 14% DE HUMEDAD DE LA  
 VARIEDAD INIAP-198 Y UN TESTIGO LOCAL EVALUADAS EN NUEVE  
 LOCALIDADES DE LA SIERRA EN EL CICLO 1985-86.

LOCALIDAD/PROVINCIA	INIAP-198	TESTIGO LOCAL *
Cotacachi-Imbabura	4.745	5.069
Yaruquí-Pichincha	913	323
Santa Catalina (ES) Pichincha	1.307	475
Santa Catalina (OR) Pichincha	2.392	1.956
Santa Catalina (OE) Pichincha	3.377	2.536
Salcedo-Cotopaxi	2.673	2.174
Ambato-Tungurahua	3.585	2.461
Guaranda-Bolívar	3.702	3.334
Quimiag-Chimborazo	4.807	4.904
P R O M E D I O	3.055	2.581

\* Chaucho ES: Lote D2

CUADRO 14. RENDIMIENTOS PROMEDIOS EN kg/ha CON 14% DE HUMEDAD INIAP-198  
 Y UN TESTIGO LOCAL EVALUADAS EN ONCE LOCALIDADES DE LA SIERRA  
 EN EL CICLO 1986-87.

LOCALIDAD/PROVINCIA	INIAP-198	TESTIGO LOCAL *
Quinchuquí-Imbabura	5.003	6.224
Peribuela-Imabura	2.183	3.075
Otavalo-Imbabura	4.608	5.571
Cayambe-Pichincha	2.727	5.052
Tumbaco-Pichincha	2.085	1.717
Santa Catalina (ES) Pichincha	1.330	1.660
Santa Catalina (OR) Pichincha	3.406	3.700
Santa Catalina (OR) Pichincha	4.261	3.750
Guaranda-Bolívar	3.092	4.613
Cañar-Cañar	5.811	6.826
Ricaurte-Azuay	1.894	2.755
P R O M E D I O	3.309	4.086

\* Chaucho ES: Lote D2

CUADRO 15. PARAMETROS DE ESTABILIDAD EN VARIETADES PRECOSES

VARIETADES PRECOSES

1. INIAP-101
2. INIAP-130
3. INIAP-192
4. INIAP-190
5. TESTIGO (Chaucho)

LOCALIDADES

1. SECCION ORIENTAL	1	(1987)
2. SECCION ORIENTAL	2	(1987)
3. CAYAMBE		(1987)
4. OTAVALO		(1987)
5. PERIBUELA		(1987)
6. QUINCHUQUI		(1987)
7. LAGUACOTO		(1987)
8. SANTA CATALINA		(1988)
9. OTAVALO		(1988)
10. SECCION ORIENTAL	1	(1989)
11. SECCION ORIENTAL	2	(1989)
12. SECCION ORIENTAL	3	(1989)
13. RICAURTE		(1989)
14. OTAVALO		(1989)

CUADRO 16. PARAMETROS DE ESTABILIDAD EN VARIEDADES PRECOCES

ANALISIS DE VARIANZA

F	DE	V	GL	SC	CM	F	
TOTAL			69	168.7311			
VARIEDADES			4	31.7933	7.9483	27.766	**
AMBIENTES			65	136.9378			
AMBIENTES * VARIEDADES							
AMBIENTES (LINEAL)			1	114.6610			
A * V (LINEAL)			4	5.1007	1.2752	4.455	**
DESVIACION CONJUNTA			60	17.1759	0.2863		
VARIEDADES 1			12	3.7862	0.3155	2.303	**
VARIEDADES 2			12	1.9290	0.1607	1.173	NS
VARIEDADES 3			12	1.3574	0.1131	0.826	NS
VARIEDADES 4			12	2.7269	0.2272	1.659	NS
VARIEDADES 5			12	7.3764	0.6147	4.487	
ERROR CONJUNTO			168			0.137	

MEDIAS Y PARAMETROS POR VARIEDAD

VARIEDAD	MEDIA	B	SC-CUADRADA	TC
1	3.882	1.277541	0.1785	2.366
2	4.900	1.182025	0.0237	2.174
3	3.255	1.013545	-0.0239	0.193
4	2.998	0.754453	0.0902	-2.467
5	4.148	0.772437	0.4777	1.390

INDICES AMBIENTALES

AMBIENTE	INDICE
1	1.13311
2	1.30751
3	0.79531
4	1.40791
5	-1.19169
6	2.20531
7	0.15651
8	0.05031
9	0.74291
10	-0.65369
11	-1.17929
12	-2.38909
13	-2.38909
14	-1.40609

## CUADRO 17. PARAMETROS DE ESTABILIDAD EN VARIEDADES TARDIAS

### VARIEDADES TARDIAS

1. INIAP-131
2. INIAP-180
3. TESTIGO (Guandango)

### LOCALIDADES

1. SECCION ORIENTAL	1	(1987)
2. SECCION ORIENTAL	2	(1987)
3. CAYAMBE		(1987)
4. OTAVALO		(1987)
5. PERIBUELA		(1987)
6. QUINCHUQUI		(1987)
7. LAGUACOTO		(1987)
8. SANTA CATALINA		(1988)
9. OTAVALO		(1988)
10. QUIMIAG		(1988)
11. SECCION ORIENTAL	1	(1989)
12. SECCION ORIENTAL	2	(1989)
13. SECCION ORIENTAL	3	(1989)
13. RICAURTE		(1989)
15. LAGUACOTO		(1989)

CUADRO 18. PARAMETROS DE ESTABILIDAD EN VARIEDADES TARDIAS

ANALISIS DE VARIANZA

---

F	DE	V	GL	SC	CM	F
TOTAL			44	186.1735		
VARIEDADES			2	21.6005	10.8003	21.252 **
AMBIENTES			42	164.5730		
AMBIENTES * VARIEDADES						
AMBIENTES (LINEAL)			1	143.0948		
A * V (LINEAL)			2	1.6582	0.8291	1.631 NS
DESVIACION CONJUNTA			39	19.8198	0.5082	
VARIEDADES 1			13	8.8098	0.6777	2.627 **
VARIEDADES 2			13	5.7681	0.4437	1.720 NS
VARIEDADES 3			13	5.2419	0.4032	1.563 NS
ERROR CONJUNTO			90			0.258

---

MEDIAS Y PARAMETROS POR VARIEDAD

---

VARIEDAD	MDIA	B	SC-CUADRADA	TC
1	4.444	0.971110	0.4197	-0.242
2	4.899	1.143889	0.1857	1.492
3	3.256	0.885000	0.1452	-1.251

---

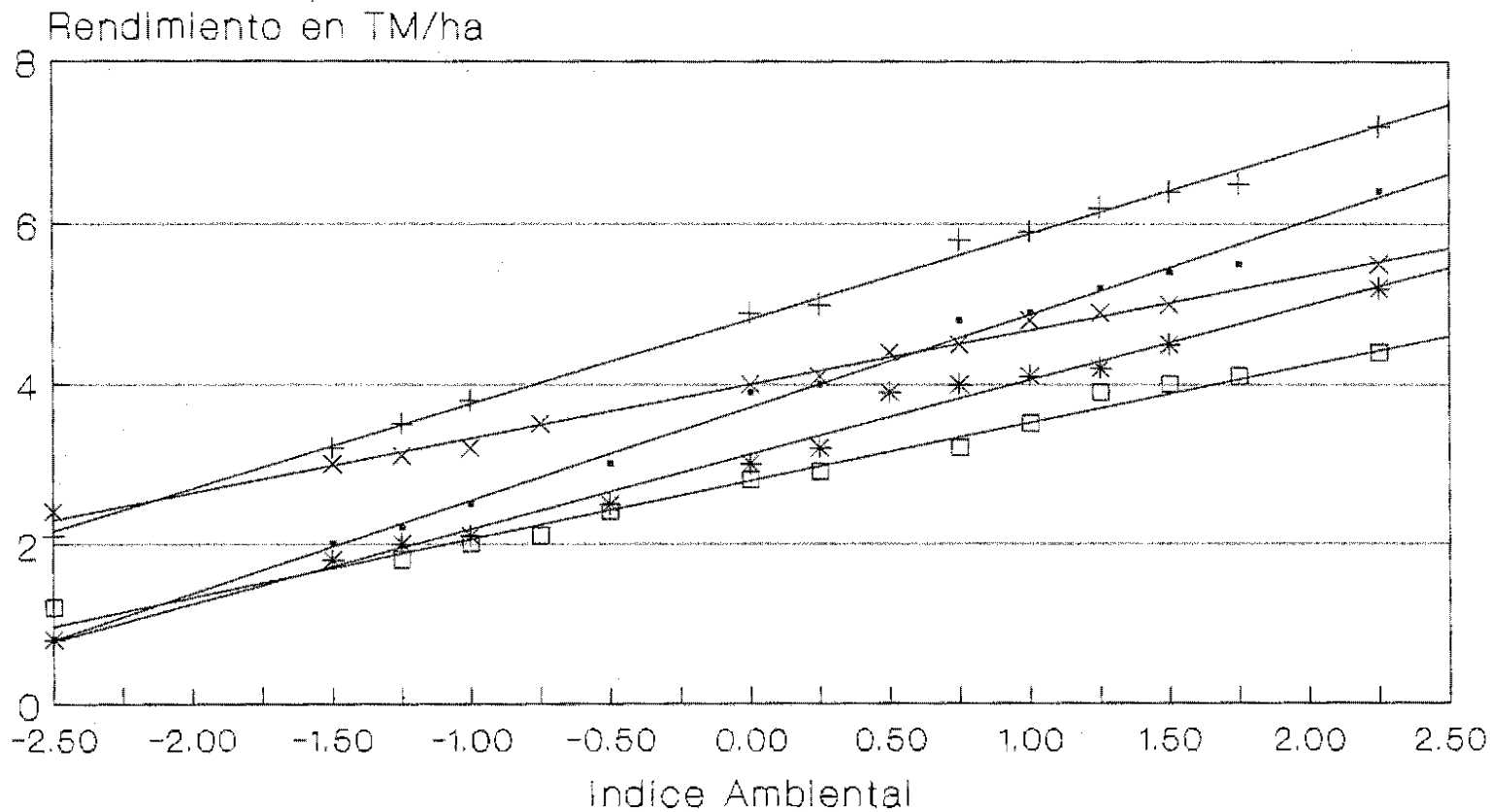
INDICES AMBIENTALES

---

AMBIENTE	INDICE
1	1.62516
2	0.13316
3	0.78315
4	1.98316
5	-0.07584
6	3.43216
7	1.81149
8	-2.53018
9	1.28516
10	-1.10051
11	-0.27151
12	-0.69351
13	-3.14684
14	-2.10318
	-1.13184

---

**FIGURA 1. RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN TM/ha DE 5 VARIETADES PRECOZES A TRAVES DE 15 MEDIO-AMBIENTES.**



—●— INIAP-101

—+— INIAP-130

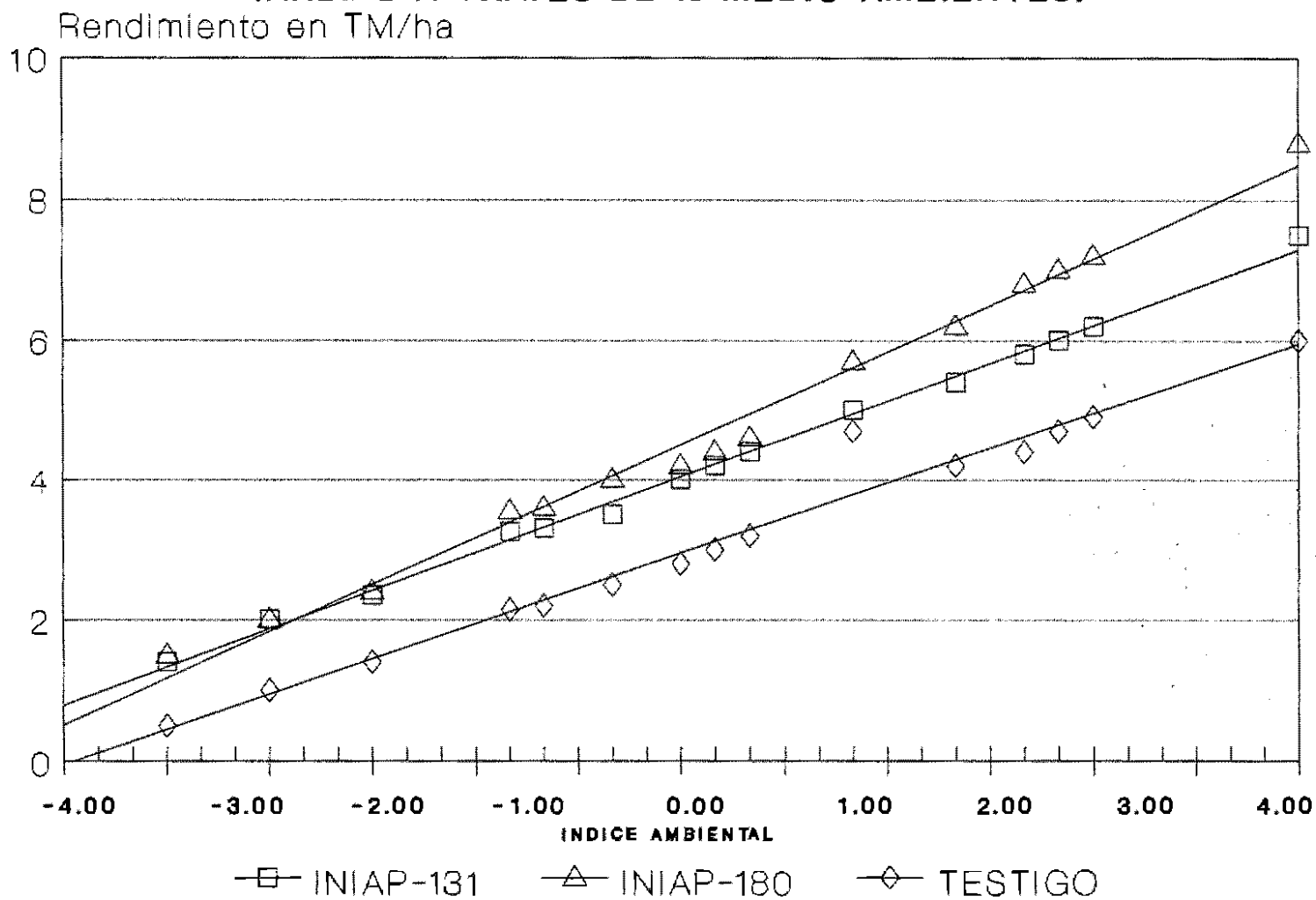
—\*— INIAP-192

—□— INIAP-198

—x— TESTIGO



**FIGURA 2. RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN TM/ha DE 3 VARIEDADES TARDIAS A TRAVES DE 15 MEDIO-AMBIENTES.**



**APTITUD COMBINATORIA DE LINEAS DE MAIZ (*Zea mays* L.)  
EN DIFERENTE GRADO DE ENDOGAMIA, DERIVADAS DE CUATRO  
FAMILIAS DE HERMANOS COMPLETOS PROGENITORES DE UN  
HIBRIDO DOBLE, GUATEMALA, 1990**

**J. L. Queme, L. Larios, C. Pérez <sup>1</sup>;  
N. Soto <sup>2</sup>; H. Cordova<sup>3</sup>**

**RESUMEN**

Este trabajo tiene como objetivos: establecer la variación de la Aptitud Combinatoria (AC) en diferentes grados de endogamia y determinar la posibilidad de evitar cruza dialélicas con líneas endogámicas, cuando se identifican los progenitores de éstas en generaciones tempranas (endogamia parcial) por su buena aptitud combinatoria.

De las familias de hermanos completos (HC) 22-100, 29-5, 43-46 y 43-68 se derivaron líneas, con las cuales se formaron dialélicos con 0.87 (S3) y 0.98 (S6) de endogamia. Las cruza simples (CS) se evaluaron en tres localidades de Guatemala, ubicadas entre 0 a 1,000 msnm. Para el análisis dialélico para el rendimiento se utilizó el diseño 4 de Griffing. En la mayoría de los dialélicos por localidad,

la varianza de Aptitud Combinatoria General (ACG) se considera igual a cero, no así, para la específica (ACE).

En promedio de las localidades, los progenitores en S3 con efectos positivos de ACG continuaron manifestando estas características en S6, similarmente se observó para los efectos negativos. El 77% de las CS en S3 expresaron efectos positivos de ACE, esta tendencia positiva se presentó en más del 88% de las CS en S6. Existieron rendimientos de las CS en S6 de 8 ton/ha, superando en más de 2.2 ton/ha a la CS de hermanos completos.

Debido a que existe alta probabilidad de repetir los efectos de AC identificados en generaciones tempranas, se concluye que se pueden mejo-

---

<sup>1</sup> Investigadores. Programa de maíz, ICTA

<sup>2</sup> Coordinador. Programa de maíz, ICTA

<sup>3</sup> Representante Regional de Maíz del CIMMYT

**Palabras Claves:** Dialélico, Aptitud Combinatoria  
General y Específica

rar los híbridos con endogamia parcial, mediante el avance generacional por autofecundación, selección per-se y realizando cruas dirigidas.

## INTRODUCCION

Ampliamente se conoce la contribución que han tenido los híbridos de maíz al incremento de la producción de este cereal, el cual se utiliza en Guatemala principalmente para la alimentación humana.

La metodología convencional de híbridos involucra la derivación de líneas endogámicas, Prueba de Aptitud Combinatoria General (ACG), en generaciones tempranas y prueba de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) en generaciones avanzadas de autofecundaciones. Para llegar hasta este punto se necesitan varios años, mucho trabajo e inversión económica.

Tratando de disminuir tiempo y recursos se planteó la siguiente investigación con los objetivos siguientes:

### General

- Generar híbridos más rendidores y con buenas características agrónomicas.

### Específicos

- Establecer la variación de la Aptitud Combinatoria en diferentes grados de endogamia.
- Determinar la posibilidad

de evitar ensayos de cruas dialélicas (prueba de ACE) en generaciones avanzadas de endogamia cuando son identificados en la fase temprana los progenitores de las líneas.

- Hacer una evaluación de la metodología de hibridación que está siguiendo el Programa de Maíz del ICTA.

## REVISION DE LITERATURA

Un método de mejoramiento de maíz es la hibridación, el cual tiene como objetivo principal el aprovechamiento de la generación F1 (híbrido F1) resultante de la crua de los progenitores (P1 y P2) con cualquier estructura genotípica, Márquez (1988). Los progenitores pueden ser variedades de polinización libre, familias, líneas con endogamia parcial y totalmente endogámicas.

El valor del progenitor está determinado por la capacidad para producir híbridos superiores cuando se cruzan con otros progenitores, siendo la prueba de Aptitud Combinatoria la que determina dicho valor.

Sprague y Tatum (1942), definieron los términos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE), en relación al comportamiento relativo de las líneas al ser cruzadas; definiendo la ACG como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, y ACE como la desviación de cada combinación con respecto a la ACG de los progenitores, es

decir, cada cruza puede ser mejor o peor de lo que se esperaría en base al comportamiento promedio de las líneas consideradas.

Allard (1980), menciona que se ha generalizado que la prueba de ACG se realice con las plantas seleccionadas originales (S<sub>0</sub>) o con la primera generación de autofecundación (S<sub>1</sub>) por efectividad que han encontrado varios investigadores en esta prueba temprana. El mismo autor cita a Jenkins, quien indicó que las líneas puras adquieren su individualidad como progenitores al principio del proceso de autofecundación, pues su Aptitud Combinatoria permanece bastante estable en lo sucesivo. Sin embargo, también existen otros investigadores que tienen dudas sobre la bondad de la prueba temprana de ACG argumentando que se pueden perder muchas líneas valiosas, Allard (1980).

Márquez (1988), menciona que para replicar el genotipo de un híbrido se necesitan dos fuentes de gametos permanentes, en donde una fuente produce el genotipo del gameto femenino y la otra el genotipo del gameto masculino. En maíz las plantas que integran cada progenitor deben producir los mismos gametos y esto se logra sólo cuando los progenitores son homocigóticos o líneas puras; por lo tanto, en éstas, los alelos han alcanzado la frecuencia del 1 o sea que se han fijado, Molina (1988).

De aquí que en la forma

convencional de hibridación se utilicen líneas puras obtenidas después de varias autofecundaciones. En este esquema para formar híbridos dobles de líneas con endogamia igual a 0.94 (S<sub>4</sub>) se necesitan según Márquez (1988), nueve años de actividad genotécnica. En cierta medida una gran parte del tiempo se invierte en la formación y evaluación e dialélicos con líneas avanzadas y además la evaluación de los híbridos predichos.

Una forma de reducir el tiempo es utilizando la metodología de híbridos a partir de familias de hermanos completos Córdova (1984). Sin embargo, hay que recordar que la endogamia de las familias es baja lo cual repercute en la fijación génica.

## MATERIALES Y METODOS

### Material genético

Se evaluaron 10 CS formadas con líneas S<sub>3</sub> (Cuadro 1) y 84 Cs con líneas S<sub>6</sub> Cuadro 2, las líneas se derivaron de las familias de hermanos completos (HC) 22-100 y 29-5. También, se evaluaron 15 CS formadas con líneas S<sub>6</sub> derivadas de las familias de HC 43-46 y 43-68 Cuadro 3. Las familias de HC provienen de las poblaciones 22, 29 y 43 del CIMMYT. Se incluyeron 12 testigos, estando entre ellos las cruzas simples entre familias de HC (22-100x29-5 y 43-46x43-68) y la cruza simple en S<sub>3</sub> entre 43-46x43-68. Hay que hacer mención que estas cuatro familias dieron origen a las

líneas progenitoras de híbridos dobles HB-83.

**Localidades y período de evaluación**

Los ensayos se establecieron en las estaciones experimentales del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), ubicadas en las localidades de La Máquina (Suchitepéque), San Jerónimo (Baja Verapaz) y Jutiapa (Jutiapa); dichas localidades están ubicadas en la zona tropical baja de Guatemala, entre 100 y 1,000 msnm. Se plantó un ensayo por localidad, llevando a cabo la investigación en el segundo semestre de 1990.

**Diseño experimental y distancia de siembra**

Para la evaluación de los 121 tratamientos, se utilizó el diseño de Láti ce simple 11x11 con dos repeticiones por localidad. La unidad experimental estuvo constituida por un surco de 5 m de largo quedando dos plantas a cada 50 cm, con el propósito de obtener una densidad aproximada de 53,333 planta/ha.

**Variables registradas**

Se tomó el rendimiento de mazorca por parcela, días a floración femenina, altura de planta y mazorca, mazorca con mala cobertura y podridas, enfermedades foliares, aspecto de planta y mazorca.

**Análisis estadístico**

Para estimar los efectos de Aptitud Combinatoria para la variable rendimiento de grano (al 15% de humedad) se utilizó el diseño 4 de Griffing, Martínez (1983); el cual se caracteriza por ensayar  $P(P-1)/2$  combinaciones siendo P igual al número de progenitores y cuyo modelo lineal es:  $Y_{ijk} = U + g_i + g_j + S_{ij} + e_{ijk}$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor fenotipo observado de la cruza con progenitores i y j en el bloque k.

U = Efecto común a todas las observaciones.

$g_i$  = Efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor i.

$S_{ij}$  = Efecto de la aptitud combinatoria específica de la cruza (i, j).

$e_{ijk}$  = Efecto ambiental aleatoria correspondiente a la observación (i, j, k).

Los estimadores de la Varianza del error ( $e^2$ ), de la ACG ( $g^2$ ) y de la ACE ( $s^2$ ) se obtuvieron de los cuadros medios (CM) de la siguiente manera:

$$e^2 = \text{CM error}$$

$$s^2 = \frac{\text{CM ACE} - \text{CM error}}{r}$$

$$g^2 = \frac{\text{CM ACG} - \text{CM ACE}}{r(p-2)}$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Análisis dialélico

En los Cuadros 4, 5 y 6 se presentan los análisis de varianza de los diferentes dialélicos, en donde se pueden observar que la ACG fue no significativa ( $\alpha = 0.01$ ) tanto para los dialélicos en S3 así como también en S6; esta característica se observó en la mayoría de las localidades. En cuanto a la ACE, sucedió lo contrario ya que fue altamente significativa ( $\alpha = 0.01$ ) en los diferentes niveles de endogamia y casi en todas las localidades; esto coincide con la varianza de ACG ( $\wedge$ ) la cual fue negativa, considerandose igual a cero, mientras que la varianza de Aptitud Combinatoria Específica ( $\wedge$ ) en la mayoría de los casos fue positiva y con valores altos, lo cual era de esperarse ya que los dialélicos estuvieron conformados por cruza emparentadas y no emparentadas.

Sprague y Tatum (1942), mencionan que en materiales seleccionados por su ACG, la ACE es relativamente más importante que la ACG; esto explica los resultados obtenidos en el presente trabajo, ya que las familias de HC progenitoras de las líneas ya habían sido seleccionadas previamente. Para rendimiento, la importancia relativa de la varianza de ACE con respecto a la varianza de ACG coinciden con los resultados obtenidos por Dardón (1980), Quemé (1982), Quemé (1989), Velásquez (1978) y otros.

Para determinar el efecto de ACG ( $g_1$ ) y el efecto de ACE ( $s_{ij}$ ) se utilizaron las fórmulas que presenta Velásquez (1978):

$$\hat{u} = 2Y... \\ \text{-----} \\ rp (p-1)$$

$$g_i = Y_{i..} \quad 2Y... \\ \text{-----} \quad \text{-----} \\ r(p-2) \quad rp (p-2)$$

$$s_{ij} = Y_{ij.} - (g_i + g_j) - Y... \\ \text{-----} \\ r$$

Donde:

- r = Número de repeticiones
- p = Número de progenitores
- $Y_{i..}$  = Suma de las cruza en que interviene el progenitor i.
- $Y...$  = Media general.

El análisis dialélico de las cruza formadas con líneas derivadas de la 22-100 y 29-5 se realizó con las cruza que se forman con las líneas, debido a que hicieron falta cruza con los progenitores 508 y 513.

Se hicieron cálculos de la media ( $X$ ), desviación estándar ( $S$ ) y valores de máximos y mínimos para las cruza simples no emparentadas, tanto en S3 como en S6. Estos cálculos se hicieron para rendimiento y las características agronómicas más importantes.

## Efectos de ACG( $g^i$ ) y ACE( $^i j$ )

En promedio, de las tres localidades, las líneas en S3 1, 2 y 3 provenientes de 22-100 presentaron efectos negativos de ACG, y las líneas S3 4 y 5 derivadas de 29-5 presentaron efectos positivos de ACG (Cuadro 7). Esta tendencia se manifestó en las líneas S6, ya que, de siete líneas derivadas de 22-100 (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) cinco presentan efectos negativos de ACG, mientras que de las cinco líneas 29-5 (13, 14, 15, 16, 17) cuatro presentaron efectos positivos para ACG (Cuadro 8). De las tres líneas en S6 derivadas de 43-46 (18, 19, 20) en la mayoría de los casos los efectos de ACG fueron positivos y de las tres líneas en S6 derivadas de 43-68 (21, 22, 23) en la mayoría de los casos los efectos fueron negativos Cuadro 9.

En cuanto a los efectos de aptitud combinatoria específica, las cruzas en S3 siguiendo el patrón heterótico 22-100 x 29-5, el 77% de las CS evaluadas presentaron efectos positivos de ACE Cuadro 7, tendencia observada en las CS en S6 en donde 31 de 35 CS presentaron efectos positivos, lo cual equivale al 88% de las CS evaluadas en S6m (Cuadro 8).

En el Cuadro 9, se presentan los efectos de ACE para las cruzas simples en S6 siguiendo el patrón heterótico de 43-46 x 43-68, observando que el 100% de las CS

presentaron efectos positivos para ACE.

En cuanto al rendimiento, la media de las cruzas simples en S3 (7000 ton/ha) siguiendo al patrón heterótico de 22-100 x 29-5 superó a la craza original de familias de hermanos completos 22-100 x 29-5 (5.833 ton/ha), lo mismo sucedió en S6 donde la media fue de 6.919 ton/ha con valores máximos de hasta 8.126 ton/ha; hay que notar que los valores mínimos de las CS son similares o superiores al valor de las CS de familias (Cuadros 10 y 11, Figuras 1 y 2). Los valores de los días a floración, altura de planta y mazorca, se mantuvieron similares a la craza original, los cuales se consideran adecuados, en donde se logró un importante avance en el mejoramiento fue en el porcentaje de mala cobertura y de pudrición de mazorca, dado que la media de las CS estuvieron por abajo del 10%, en comparación a la craza simple original que presentó valores mayores al 16%. Las varianzas de estas variables se consideran relativamente bajas Cuadros 10 y 11. Similarmente sucedió con las CS en S6 de las CS que siguieron el patrón heterótico de 43-46 x 43-68, siendo la media de rendimiento de 6.960 tm/ha superando a la CS en S3 (6.232 tm/ha) y a la craza original de familias hermanos completos que rindió 5.056 ton/ha, (Cuadro 12 y Figura 3).

Estos resultados coincidieron con lo que indica

Jenkins citado por Allard, (1980), cuando mencionan que las líneas puras adquieren su individualidad como progenitores al principio del proceso de autofecundación pues su aptitud combinatoria permanece bastante estable en lo sucesivo. A este respecto se puede agregar que la estabilidad de la aptitud combinatoria dependerá en gran medida del nivel de homocigosis de la población original donde se inicien las autofecundaciones.

A nivel general se puede decir que los avances en el mejoramiento con las líneas endogámicas se pueden deber a la eliminación de genotipos indeseables mediante la selección de líneas y porque en la CS superiores con endogamia parcial, hasta cierto punto han fijado en buena medida alelos favorables y que mediante el avance generacional y la selección se disminuyen los alelos deleteros los cuales deterioran los caracteres que el mejorador considera deseable.

### CONCLUSIONES

Debido a que existe alta probabilidad de repetir los efectos de Aptitud Combinatoria identificados en generaciones tempranas se concluye que se pueden mejorar los híbridos con endogamia parcial, mediante el avance generacional por autofecundación, selección per-se de líneas y realizando cruza dirigidas.

Apoyados en la conclu-

sión anterior se puede decir que en generaciones avanzadas de endogamia, no es necesario realizar pruebas de ACE, repercutiendo en ahorro de tiempo y recursos.

Los resultados obtenidos, indican el avance que ha tenido el Programa de Maíz del ICTA tanto en la generación de híbridos como a nivel de metodología.

### RECOMENDACIONES

Utilizar las cruza simples en S6: 6 x 16, 7 x 15 y 8 x 14 como hembra del híbrido HB-83, y como macho se pueden utilizar las cruza simples: 20 x 23 ó 18 x 21, obteniendo de esta forma la nueva versión en S6 del HB-83.

### AGRADECIMIENTO

Queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a todo el personal del Programa de Maíz del ICTA por la realización de este trabajo, principalmente al Ing. José Luis Zea, Ing. Humberto Alarcón y T. H. Eduardo Landaverri, quienes participaron directamente en la conducción de experimentos a nivel de campo. Igualmente, a la Sra. Angela Pinto de Godoy por su valioso trabajo mecanográfico y al Sr. William Quemé por el trabajo de Cómputo.

### BIBLIOGRAFIA

ALLARD, R.W. 1980.  
Principios de la mejora genética de plantas.



Traducción en español por José L. Montoya. Ed. OMEGA, S.A. Barcelona. pp.276-294.

**CÓRDOVA O., H.S. 1984.**

Formación de híbridos de maíz (Zea mays L.) en base a familias de hermanos completos y sus implicaciones en la producción de semilla comercial. XV Congreso Nacional de Milho e Sorgo Maceio A-4, Brasil. Mimeografiado. 59 p.

**MARQUEZ S., F. 1988.**

Genotécnia Vegetal. Tomo II. A.G.T. Editor, S.A. México. pp. 153-201.

**MARTÍNEZ G., A. 1983.** Diseño y análisis de experimentos de cruzas dialélicas. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 252 p.

**SPRAGUE, G.F. AND L.A. TATUM. 1942.** General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J.A. Soc. Agron. 34: 923-932.

**VELÁSQUEZ M., R. 1978.**

Formación de híbridos simples en base a familias de hermanos completos, provenientes de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays L.). Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 84p.

**QUEME DE LEON, J.L. 1982.**

Determinación de aptitud combinatoria general y específica para rendimiento de seis progenitores de híbridos de maíz (Zea mays L.). Tesis Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

**QUEME DE LEON, J.L. 1989.**

Aptitud combinatoria y predicción de híbridos de maíz (Zea mays L.) de grano amarillo a partir de cruzas dialélicas, evaluadas en dos localidades de la zona baja de Guatemala 1989. Trabajo presentado en la XXXVI Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, El Salvador, 1990.

**MOLINA G. 1988.** Copias de curso de genética cuantitativa. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.

CUADRO 1. CRUZAS SIMPLES EN S3 FORMADAS CON TRES LINEAS DERIVADAS DE LA 22-100 Y DOS LINEAS DE LA 29-S. GUATEMALA, 1990.

	1	2	3	4	5
GB-33=1		x	x	x	x
GB-35=2			x	x	x
GB-37=3				x	x
GB-39=4					x
GB-41=5					

x = Cruza simple formada (10)

CUADRO 2. CRUZAS SIMPLES EN S6 FORMADAS CON NUEVE LINEAS DERIVADAS DE LA 22-100 Y CINCO LINEAS DE LA 29-S. GUATEMALA, 1990.

	508	6	7	8	9	513	10	11	12	13	14	15	16	17
508		x	x	x	x	x	-	-	x	x	-	x	-	-
509=6			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
510=7				x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x
511=8					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
512=9						x	x	x	x	x	x	x	x	x
513							x	x	x	x	-	x	x	x
514=10								x	x	x	x	x	x	x
515=11									x	x	x	x	x	x
516=12										x	x	x	x	x
517=13											x	x	x	x
518=14												x	x	x
520=15													x	x
521=16														x
522=17														

x = Cruza simple formada (84)

- = Cruza simple que no se formó (7)

CUADRO 3. CRUZAS SIMPLES EN S6 FORMADAS CON TRES LINEAS DERIVADAS DE LA 43-46 Y TRES LINEAS DE LA 43-68. GUATEMALA, 1990.

	1	2	3	4	5	6
523 = 18		x	x	x	x	x
524 = 19			x	x	x	x
525 = 20				x	x	x
526 = 21					x	x
527 = 22						x
528 = 23						

x = Cruza simple formada (15)

CUADRO 4. ANALISIS DIALELICO POR LOCALIDAD PARA RENDIMIENTO DE LAS CRUZAS SIMPLES FORMADAS CON LINEAS S3 DERIVADAS DE 22-100 Y 29-5. GUATEMALA, 1990.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios		
		La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa
Cruzas	9	2.862 **	4.166 **	3.746 **
ACG	4	2.537 NS	2.002 NS	7.879 **
ACE	5	3.121 **	5.883 **	0.440 NS
Error	9	0.476	0.373	0.661
Total	19			
g <sup>2</sup>		-0.097	-0.644	1.239
s <sup>2</sup>		1.322	2.755	-0.110
CV		11%	8%	18%

NS, \*\* : No significativo y altamente significativo respectivamente  
( $\alpha = 0.01$ ).

CUADRO 5. ANALISIS DIALELICO POR LOCALIDAD PARA RENDIMIENTO DE LAS CRUZAS SIMPLES FORMADAS CON LINEAS S6 DERIVADAS DE 22-100 Y 29-5. GUATEMALA, 1990.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios		
		La Máquina	San Jerónimo	Jutiapa
Cruzas	65	5.842 **	14.355 **	5.324 **
ACG	11	4.225 NS	7.226 NS	10.075 NS
ACE	54	6.172 **	15.808 **	4.356 **
Error	65	0.963	1.102	1.124
Total	131			
g <sup>2</sup>		-0.194	-0.390	0.280
s <sup>2</sup>		2.604	7.353	-1.610
CV		18%	13%	30%

NS, \*\* : No significativo y altamente significativo respectivamente  
( $\alpha = 0.01$ ).

CUADRO 6. ANALISIS DIALECTICO POR LOCALIDAD PARA RENDIMIENTO DE LAS CRUZAS SIMPLES FORMADAS CON LINEAS S6 DERIVADAS DE 43-46 Y 43-68, GUATEMALA, 1990.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	-----Cuadrados Medios-----		
		La Maquina	San Jeronimo	Jutiapa
Cruzas	14	8.438 **	18.007 **	6.808 **
ACG	5	0.567 NS	2.094 NS	0.922 NS
ACE	9	12.838 **	26.847 **	10.078 **
Error	14	0.541	1.500	1.174
Total	29			
g <sup>2</sup>		-3.080	-6.108	-2.289
s <sup>2</sup>		6.140	12.673	4.452
CV		13%	16%	39%

NS, \*\* : No significativo y altamente significativo respectivamente  
( $\alpha = 0.01$ ).

CUADRO 7. MEDIAS DE RENDIMIENTO (tm/ha), EFECTOS DE ACG ( $\hat{g}_i$ ) Y ACE ( $\hat{s}_{ij}$ ) DE CRUZAS SIMPLES EN S3 SIGUIENDO EL PATRON HETEROTICO DE 22-100 x 29.5. GUATEMALA, 1991.

	-----Cuadros Medios-----			$\bar{X}$
	La Maquina	San Jeronimo	Jutiapa	
<b>Cruzas Simples</b>				
1 x 4	6.372	8.519	5.898	6.930
$\hat{s}_1 \times 4$	-0.414	0.726	0.117	
1 x 5	7.901	8.845	6.576	7.774
$\hat{s}_1 \times 5$	1.280	1.147	0.439	
2 x 4	7.710	8.925	4.735	7.124
$\hat{s}_1 \times 4$	1.072	0.356	-0.027	
2 x 5	6.260	9.255	5.480	6.998
$\hat{s}_1 \times 5$	-0.212	0.781	0.361	
3 x 4	7.656	9.743	3.302	6.901
$\hat{s}_1 \times 4$	0.938	1.500	0.232	
3 x 5	7.081	8.802	2.949	6.277
$\hat{s}_1 \times 5$	0.528	0.654	-0.477	
22-100 x 29-5 (HC)	6.100	8.932	2.622	5.884
<b>Progenitores</b>				
1	6.096	7.382	5.100	6.193
$\hat{g}_1$	-0.399	-0.781	0.804	
2	5.984	7.965	4.337	6.095
$\hat{g}_2$	-0.648	-0.004	-0.214	
3	6.045	7.720	3.064	5.610
$\hat{g}_3$	-0.468	-0.331	-0.906	
4	6.988	8.422	4.856	6.183
$\hat{g}_4$	0.790	0.605	0.479	
5	6.864	8.350	5.124	6.779
$\hat{g}_5$	0.624	0.510	0.836	

\* El rendimiento de los progenitores se refiere al promedio de las cruzas en que interviene.

CUADRO 8. MEDIAS DE RENDIMIENTO (tm/HA), EFECTOS DE ACG (gi) Y ACE ( $\hat{s}_{ij}$ ) DE CRUZAS SIMPLES EN S6, SIGUIENDO EL PATRON HETEROTICO DE 22-100 x 29-5. GUATEMALA, 1991.

		Localidades						Localidades						Localidades			
		La Maq	San Jmo	Junt.	$\bar{X}$			La Maq.	San Jmo	Junt.	$\bar{X}$			La Maq	San Jmo	Junt.	$\bar{X}$
Cruzas Simples		Cruzas Simples						Cruzas Simples						Cruzas Simples			
63	6 X 13	8.112	9.663	4.985	7.587	9 X 15	5.115	9.336	5.028	6.493	12 X 17	6.633	10.862	4.173	7.223		
		1.931	2.186	1.509			0.024	0.980	0.203			1.589	2.677	1.574			
	6 X 14	7.675	9.525	6.521	7.907	9 X 16	4.892	9.100	5.523	6.505	22-100 x 29-5 (HC)	6.100	8.932	2.622	5.883		
		0.855	0.410	1.868			0.526	-0.077	0.297								
	6 X 15	6.580	9.032	5.401	7.004	9 X 17	6.386	8.901	5.558	6.948							
		0.887	0.863	1.012			0.241	0.971	0.056		Progenitores						
	6 X 16	7.025	11.366	5.276	7.889	10 X 13	6.818	8.961	2.959	6.246							
		1.498	3.265	1.039			1.726	1.866	0.622		6	5.846	7.968	3.838	5.884		
	6 X 17	7.318	10.580	4.010	7.303	10 X 14	6.820	10.423	5.427	7.557	$\hat{g}_6$	0.526	-0.077	0.297			
		0.926	1.153	0.788			1.090	1.693	1.913		7	5.632	8.026	4.103	5.920		
	7 X 13	7.440	9.424	4.331	7.065	10 X 15	5.436	10.454	4.583	6.824	$\hat{g}_7$	0.291	-0.013	0.589			
		1.494	1.883	0.563			0.832	2.668	1.332		8	5.253	8.017	3.710	5.654		
	7 X 14	6.820	10.320	6.208	7.783	10 X 16	6.044	11.130	3.319	6.831	$\hat{g}_8$	-0.146	-0.022	0.157			
		0.234	1.142	1.264			0.291	-0.013	0.589		9	5.299	8.137	4.233	5.889		
7 X 15	6.628	11.352	5.356	7.778	10 X 17	6.733	10.576	3.177	6.829	$\hat{g}_9$	-0.075	0.109	0.733				
	1.169	3.118	0.674			1.688	2.027	0.395		10	4.856	7.619	2.802	5.092			
7 X 16	6.882	10.452	5.320	7.551	11 X 13	5.867	7.936	2.179	5.327	$\hat{g}_{10}$	-0.563	-0.461	-0.841				
	1.591	2.287	0.791			0.566	1.084	0.265		11	5.047	7.399	2.418	4.954			
7 X 17	6.644	10.712	5.386	7.581	11 X 14	6.586	10.580	3.852	7.006	$\hat{g}_{11}$	-0.353	-0.702	-1.264				
	-0.201	0.208	0.525			0.645	2.090	0.761		12	4.854	7.288	2.636	4.926			

Cont. Cuadro 8.

Localidades					Localidades					Localidades				
La Maq	San Jmo	Junt.	$\bar{X}$		La Maq.	San Jmo	Junt.	$\bar{X}$		La Maq	San Jmo	Junt.	$\bar{X}$	
Cruzas Simples					Cruzas Simples					Cruzas Simples				
8 X 13	6.753	8.955	3.834	6.514	11 X 15	6.542	8.032	3.765	6.113	$\hat{g}_{12}$	-0.565	-0.824	-1.024	
	1.244	1.423	0.498			1.729	0.488	0.937		13	5.628	7.598	3.214	5.480
8 X 14	7.383	9.649	5.678	7.570	11 X 16	5.985	10.294	4.493	6.924	$\hat{g}_{13}$	0.287	-0.484	-0.388	
	1.235	0.480	1.166			-0.146	-0.022	0.157		14	6.210	9.086	4.283	6.526
8 X 15	4.716	9.143	7.034	6.964	11 X 17	6.628	10.384	2.069	6.360	$\hat{g}_{14}$	0.926	1.153	0.788	
	-0.305	0.919	2.784			1.372	2.076	-0.290		15	5.185	8.227	4.044	5.818
8 X 16	5.876	8.625	4.881	6.461	12 X 13	5.941	10.069	1.675	5.895	$\hat{g}_{15}$	-0.201	0.208	0.525	
	1.020	0.469	0.784			0.851	3.339	-0.479		16	5.034	8.165	3.906	5.702
8 X 17	5.445	10.358	4.353	6.781	12 X 14	5.676	9.269	4.265	6.402	$\hat{g}_{16}$	-0.367	0.140	0.372	
	-0.367	0.140	0.372			-0.053	0.903	0.935		17	5.587	8.921	3.618	6.042
9 X 13	6.023	7.508	5.400	6.324	12 X 15	6.253	9.478	3.803	6.511	$\hat{g}_{17}$	0.241	0.972	0.056	
	0.444	-0.156	1.528			1.650	2.056	0.735						
9 X 14	7.246	11.965	5.167	8.126	12 X 16	6.672	9.195	3.822	6.564					
	1.027	2.664	0.079			-0.075	0.109	0.732						

- Los valores en la segunda línea, después de cada cruce, se refieren al efecto de ACE ( $\hat{g}_{ij}$ )
- Los valores en la segunda línea, después de cada progenitor, se refieren al efecto de ACG ( $\hat{g}_{ij}$ )
- El rendimiento de los progenitores se refiere al promedio de las cruces en que interviene

CUAORO 9. RENDIMIENTO (tm/ha), EFECTOS DE ACG (gi) Y ACE (Sij) DE CRUZAS SIMPLES EN S6, SIGUIENDO EL PATRON HETEROTICO DE 43-46 x 43-68. GUATEMALA, 1991.

	Localidades			$\bar{X}$
	La Maquina	San Jeronimo	Jutiapa	
<b>Cruzas Simples</b>				
18 x 21	7.253	9.629	4.705	7.196
$\hat{S}$ 18 x21	1.710	2.824	2.284	
18 x 22	7.326	10.450	4.293	7.356
$\hat{S}$ 18 x22	2.220	2.498	1.725	
18 x 23	6.375	8.858	2.894	6.043
$\hat{S}$ 18 x23	0.640	1.452	0.291	
19 x 21	6.600	9.405	3.096	6.367
$\hat{S}$ 19 x21	1.220	2.748	0.130	
19 x 22	6.056	10.668	5.018	7.247
$\hat{S}$ 19 x22	1.113	2.864	1.904	
19 x 23	7.827	8.337	4.719	6.961
$\hat{S}$ 19 x23	2.254	1.079	1.570	
20 x 21	6.954	9.606	4.538	7.033
$\hat{S}$ 20 x21	1.571	1.896	1.969	
20 x 22	6.798	11.021	2.765	6.861
$\hat{S}$ 20 x22	1.851	2.166	0.047	
20 x 23	7.086	11.049	4.604	7.580
$\hat{S}$ 20 x23	1.509	2.739	1.851	
43-46 x 43-68 (HC)	5.670	7.859	1.635	5.056
<b>Progenitores</b>				
18	5.542	7.424	2.783	5.250
$\hat{g}$ 18	0.235	-0.269	0.026	
19	5.412	7.306	3.220	5.313
$\hat{g}$ 19	0.072	-0.417	0.572	
20	5.415	8.148	2.903	5.489
$\hat{g}$ 20	0.076	0.634	0.175	
21	5.317	7.188	2.468	4.991
$\hat{g}$ 21	-0.046	-0.565	-0.368	
22	4.968	8.104	2.586	5.219
$\hat{g}$ 22	-0.438	0.581	-0.220	
23	5.472	7.668	2.614	5.251
$\hat{g}$ 23	0.147	0.036	-0.185	



CUADRO 10. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LAS CRUZAS SIMPLES ENTRE LINEAS S3, SIGUIENDO EL PATRON HETEROTICO DE 22-100 x 29-5, MEDIAS DE TRES LOCALIDADES. GUATEMALA, 1990.

Cruza Simple	Rend. tm/ha	Días a floración	Alt. Planta	(cm) Mazorca	Mala Cob. Mzca. (%)	Pudr. Mzca. (%)	Prol. (%)
1 x 4	6.930	59	222	128	6	10	100
1 x 5	7.774	60	222	123	1	4	99
2 x 4	7.124	59	220	121	2	9	95
2 x 5	6.998	60	217	118	2	8	98
3 x 4	6.901	61	223	134	8	9	87
3 x 5	6.277	64	212	126	7	9	79
$\bar{X}$	7.000	61	219	125	4	8	92
22-100x29-5(HC)	5.883	62	208	120	21	17	86
Máximo	7.774	64	223	134	8	10	100
Mínimo	6.277	29	212	118	1	4	79
S	0.480	2	4	6	3	2	8

CUADRO 11. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LAS CRUZAS SIMPLES ENTRE LINEAS S6, SIGUIENDO EL PATRON HETEROTICO DE 22-100 x 29-5, MEDIAS DE TRES LOCALIDADES. GUATEMALA, 1990.

Cruza Simple	Rend. tm/ha	Días a floración	Alt. Planta	(cm) Mazorca	Mala Cob. Mzca. (%)	Pudr. Mzca. (%)	Prol. (%)
6 x 13	7.587	61	219	127	10	6	95
6 x 14	7.907	59	231	128	14	9	97
6 x 15	7.045	61	228	133	0	7	94
6 x 16	7.889	60	231	133	7	8	98
6 x 17	7.303	62	223	124	4	6	96
7 x 13	7.065	62	224	130	19	11	95
7 x 14	7.783	60	232	121	20	13	91
7 x 15	7.778	60	225	136	6	9	97
7 x 17	7.580	61	223	124	7	11	92
8 x 13	6.514	61	225	128	8	8	95
8 x 14	7.570	60	220	113	4	7	93
8 x 15	6.964	60	235	129	2	5	100
8 x 16	6.461	60	223	128	4	4	96
8 x 17	6.781	61	222	121	4	10	92
9 x 13	6.324	61	209	119	13	5	91
9 x 14	8.126	59	221	123	10	10	95
9 x 15	6.493	60	223	125	12	9	95
9 x 16	6.505	59	216	115	6	5	94
9 x 17	6.948	61	213	117	4	8	95
10 x 13	6.246	66	215	121	26	6	79
10 x 14	7.557	63	232	132	8	11	88
10 x 15	6.824	62	228	124	6	8	85
10 x 16	6.831	63	219	127	5	8	87
10 x 17	6.828	63	212	112	4	8	87
11 x 13	5.327	67	211	115	22	14	79
11 x 14	7.006	64	227	123	12	11	85
11 x 15	6.113	62	222	117	5	8	83
11 x 16	6.924	62	219	128	0	4	91
11 x 17	6.360	63	211	116	13	12	82
12 x 13	5.895	66	223	133	26	16	77
12 x 14	6.402	64	219	118	15	14	88
12 x 15	6.511	62	213	121	8	10	91
12 x 16	6.564	63	219	124	3	7	88
12 x 17	7.223	63	215	121	7	10	91
$\bar{X}$	6.919	62	221	124	9	9	91
22-100x29-5(HC)	5.883	62	208	120	21	17	86
Máximo	8.126	67	237	136	26	16	100
Mínimo	5.327	59	209	112	0	4	77
5	0.641	2	7	6	7	3	6

CUADRO 12. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LAS CRUZAS SIMPLES ENTRE LINEAS S6, SIGUIENDO EL PATRON HETEROTICO DE 43-46 x 43-68, MEDIAS DE TRES LOCALIDADES. GUATEMALA, 1990.

Cruza Simple	Rend. t <sub>m</sub> /ha	Días a floración	Alt. Planta	(cm) Mazorca	Mala Cob. Mzca. (%)	Pudr. Mzca. (%)	Prol. (%)
18 x 21	7.196	64	216	117	3	7	96
18 x 22	7.356	64	217	121	5	8	95
18 x 23	6.043	65	218	121	8	13	90
19 x 21	6.367	63	198	109	12	16	95
19 x 22	7.247	63	196	107	15	17	103
19 x 23	6.961	62	214	121	13	13	95
20 x 21	7.033	63	220	128	2	8	98
20 x 22	6.861	64	215	126	3	9	100
20 x 23	7.580	62	224	129	2	8	108
$\bar{X}$	6.960	63	213	120	7	11	97
43-46x43-68(S3)	6.232	64	221	126	9	11	98
43-46x43-68(HC)	5.056	62	212	114	6	10	79
Máximo	7.580	65	224	129	15	17	103
Mínimo	6.043	62	196	109	2	7	90
5	0.486	1	10	8	5	4	5

FIGURA 1. RENDIMIENTO DE CRUZAS SIMPLES EN S3 SIGUIENDO EL PATRÓN HETEROTICO DE 22-100x29-5 (HC) Y COMPARACION CON LA CRUZA SIMPLE DE HERMANOS COMPLETOS, MEDIA DE 3 LOCALIDADES. GUATEMALA, 1990

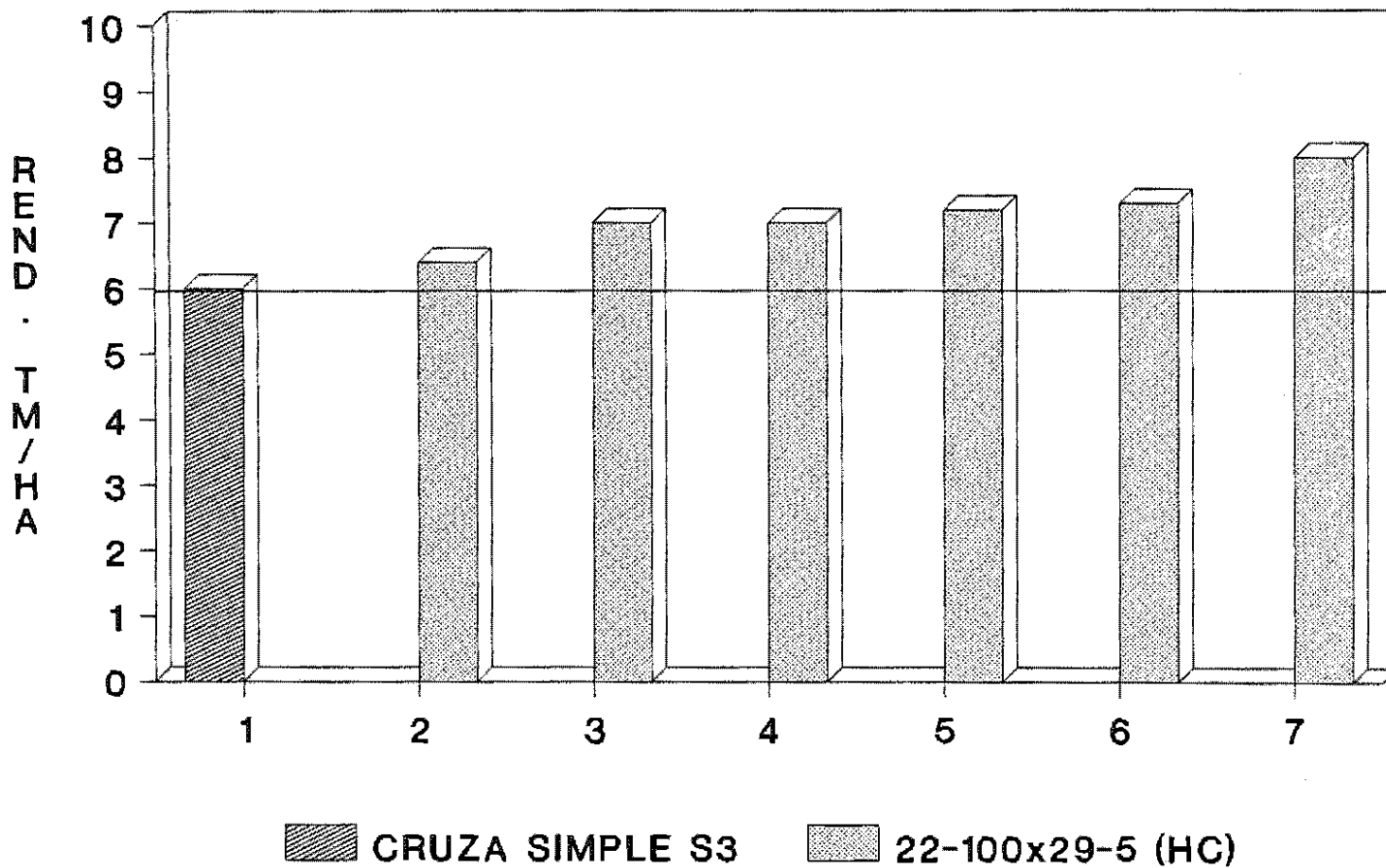
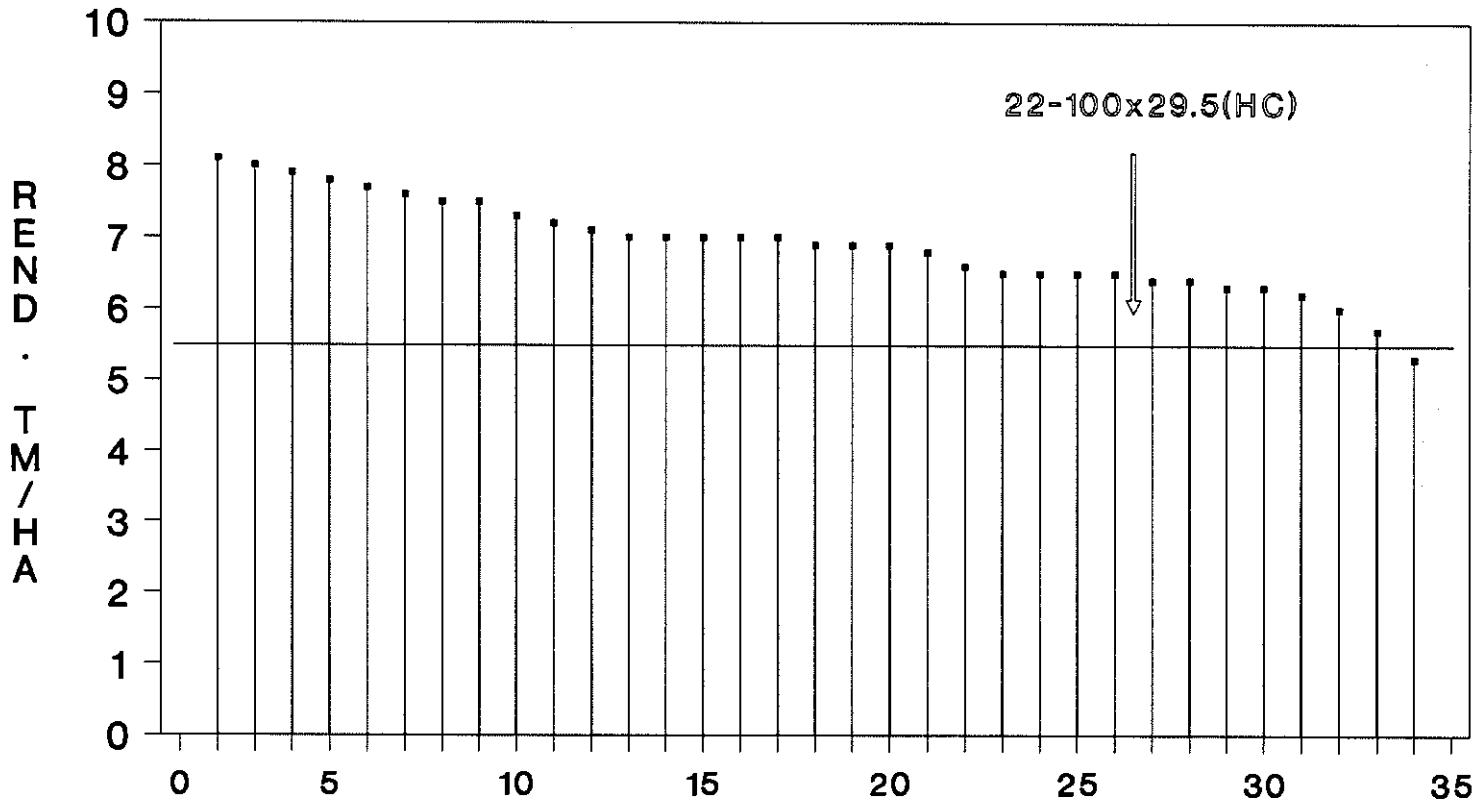
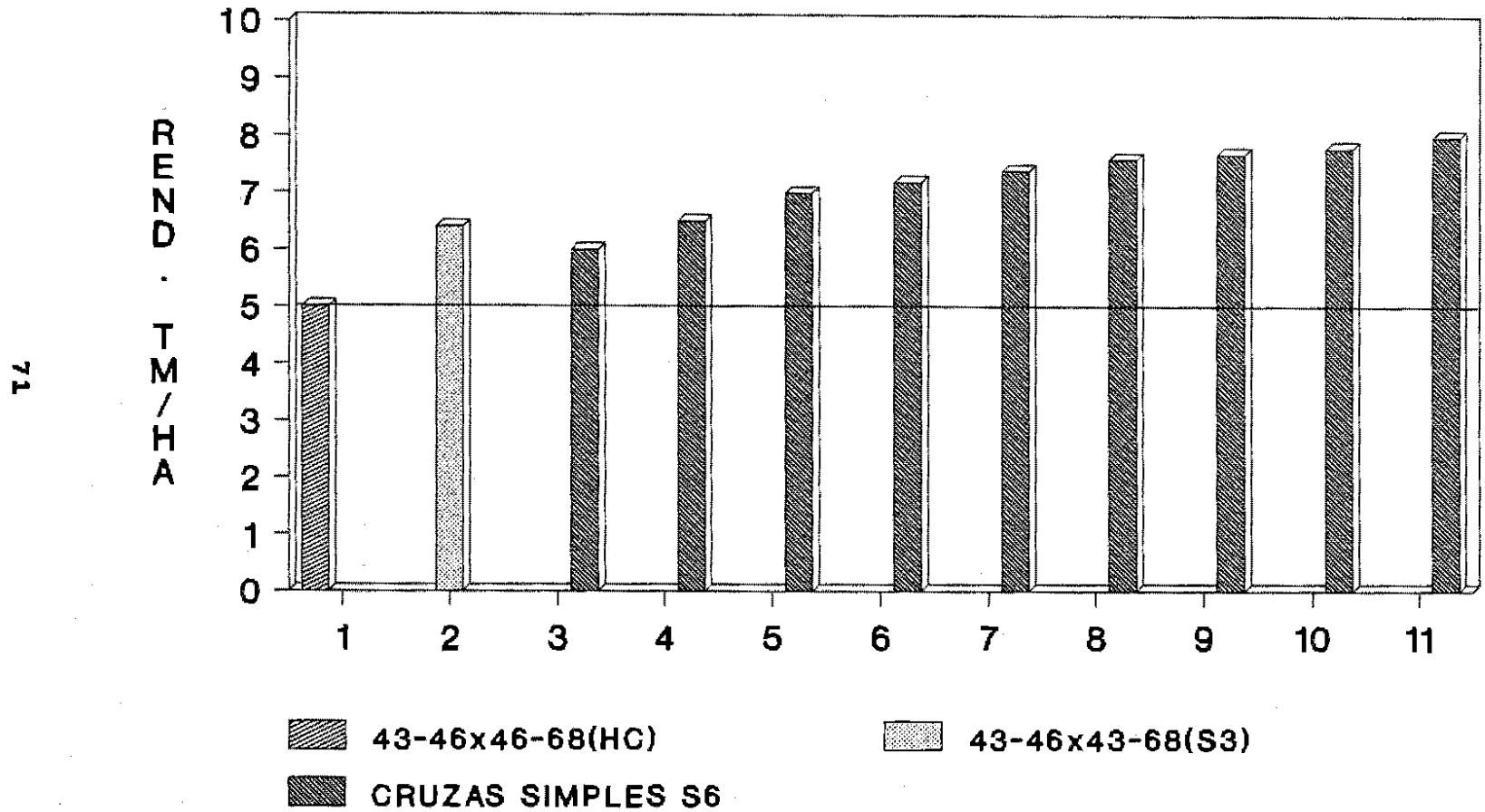


FIGURA 2. RENDIMIENTO DE CRUZAS SIMPLES EN S6 SIGUIENDO EL PATRON HE-  
 TEROTICO DE 22-100x29-5 (HC) Y COMPARACION CON LA CRUZA  
 SIMPLE DE HERMANOS COMPLETOS, MEDIAS DE TRES LOCALIDADES.  
 GUATEMALA, 1990



• CRUZAS SIMPLES S6

FIGURA 3. RENDIMIENTO DE CRUZAS SIMPLES EN S6 SIGUIENDO EL PATRON HETEROTICO DE 43-46x43-68 (HC) Y COMPARACION CON LA CRUZA SIMPLE DE HERMANOS COMPLETOS, MEDIA DE 3 LOCALIDADES. GUATEMALA, 1990



## GENOTECNIA VEGETAL. MEJORAMIENTO GENETICO III

### EFECTO DEL MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA AL ACHAPARRAMIENTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE CULTIVARES DE MAIZ EVALUADOS EN SIETE AMBIENTES DE CENTROAMERICA Y EL CARIBE

A. Aguiluz, R. Urbina <sup>1</sup> ; R. Celado <sup>2</sup>; H. Cordova <sup>3</sup>

#### RESUMEN

El achaparramiento del maíz causado por *Micoplasma* y *Spiroplasma*, es el factor adverso biótico que causa las mayores pérdidas de rendimiento en Centroamérica. La resistencia genética es la alternativa que presenta la ventaja comparativa más viable para evitar las pérdidas, Urbina (1989) y Cordova (1990).

El Programa Regional de Maíz CIMMYT para Centroamérica y El Caribe ha promovido el desarrollo de cultivares resistentes a través de un proyecto de colaboración horizontal entre El Salvador, Nicaragua y República Dominicana. En 1990, se establecieron nueve ensayos para comparar el progreso en el mejoramiento para resistencia en ambientes contrastantes de incidencia severa, incidencia media y ausencia del patógeno. El análisis de contraste ortogonal por localidad y combinado demuestra alta significancia (0.001) (Santa Rosa 8073). Esta respuesta diferencial fue consistente para rendimiento y plantas afectadas.

El testigo susceptible H-5 disminuyó los rendimientos hasta el 75% bajo condi-

ciones de alta incidencia.

Los resultados obtenidos indican un progreso de 34.1% en resistencia al achaparramiento y 21% en rendimiento. Se recomienda el uso extensivo del sintético ciclo 3 población 73.

#### INTRODUCCION

La enfermedad del achaparramiento causada por *Micoplasma* y *Spiroplasma*, es una de las limitantes de la producción de maíz en Mesoamérica, el Caribe y Venezuela.

En Centroamérica y el Caribe el achaparramiento alcanza niveles críticos de incidencia sobre la producción, principalmente en aquellas regiones y áreas donde los agricultores siembran variedades criollas con bajo nivel tecnológico y donde las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de las poblaciones del vector (*Dalbulus maidis*) de la enfermedad; tales como: escasez de lluvia, altas temperaturas y baja humedad relativa. La enfermedad se ha establecido en forma endofítica en El Salvador,

República Dominicana y Nicaragua. En Nicaragua las siembras continuas realizadas en el pasado, durante todo el año favorecieron la aparición de la enfermedad hasta alcanzar niveles alarmantes. Desde 1975, el Programa de Maíz de CIMMYT a través de investigación colaborativa con Nicaragua y El Salvador, ha venido desarrollando cultivares resistentes a la enfermedad. De 1976 a 1980, se logró considerable progreso en resistencia al achaparramiento en poblaciones y variedades de polinización libre, De León et al. (1984). Santa Rosa 8073 fue el primer cultivo tolerante liberado en Nicaragua en 1985, Urbina, (1986).

El mejoramiento para resistencia a stresses bióticos y abióticos y adaptación a ambientes marginales es uno de los más importantes en la planificación estratégica de CIMMYT para el año 2000, CIMMYT (1989). Los mayores éxitos en el desarrollo de germoplasma en el Programa de Maíz de CIMMYT para Centro América y el Caribe se han logrado a través de una estrecha colaboración horizontal.

#### OBJETIVOS

Determinar el comportamiento en cuanto a rendimiento de grano y resistencia al achaparramiento de diferentes variedades de maíz.

Comparar el sintético ciclo 3 de la población 73 con otras variedades de maíz resistente al achaparramiento

obtenidos en la región.

#### REVISION DE LITERATURA

El achaparramiento es una de las enfermedades que más afecta al cultivo del maíz y es un factor limitante en la producción de grano en zonas trópicas y sub-tropicales del continente Americano, desde el nivel del mar hasta zonas intermedias o de altura y en latitudes desde 40°N hasta los 30°S.

La enfermedad fue reportada por Altstatt y Frazier 1945, en California y Texas, Estados Unidos. Frazier (1945), es quien por primera vez reportó la asociación de la enfermedad con la presencia de D. maidis, pero no encontró la relación entre la seguridad de la enfermedad y la población de los insectos, asumió que los síntomas eran debido a una toxemia causada por el insecto o de un virus transmisible.

Niederhauser (1949), reporta la presencia del achaparramiento en México y cita "esta enfermedad puede convertirse en un problema importante en la producción de maíz en México y merece un estudio detenido". La enfermedad era conocida en México desde 1947 según reporte de Rodríguez (1961).

Maramoroch (1955), reportó la presencia de dos tipos de síntomas causados por el achaparramiento, el Mesa Central y el Rio Grande, con síntomas diferentes entre ellos. Plantas de maíz atacadas con el tipo Mesa



Central mostraban una clorosis marcada, sin rayado ni clorosis en la base de las hojas, pero que posteriormente adquirirían una coloración rojiza y púrpura, abundancia de macollos en la base de la planta y menos desarrollo que el de plantas atacadas por el tipo Rio Grande. Plantas con síntomas del tipo Rio Grande, no eran muy afectadas en su desarrollo y formaban unas franjas amarillas en la base de las hojas y escaso desarrollo de la raíz.

Davis et al. (1973), reportaron que el agente etiológico del achaparramiento del maíz era un micoplasma que denominaron con el género Spiroplasma.

Schmoock y Ascencio (1989), en un estudio para establecer prioridades de investigación en maíz en El Salvador, sitúan la enfermedad del achaparramiento en prioridad 2 en una escala de 0 a 5. Dada la importancia de la enfermedad muchas investigaciones se han realizado en busca de genotipos resistentes.

De León et al. (1984), al concluir su trabajo, mencionan en sus resultados que un programa de selección recurrente de líneas S1, su evaluación y recombinación de una fracción seleccionada sería adecuado para acumular niveles de resistencia estable al achaparramiento en poblaciones de maíz. Los mismos autores mencionan que al practicar la selección y evaluación de líneas S1 en

localidades con alta incidencia de las enfermedades en condiciones naturales y recombinar la fracción resistente en otras localidades, se está practicando también una selección para mayor adaptación y estabilidad de carácter agronómico.

Desde 1975, el Programa de Maíz de CIMMYT a través de investigación colaborativa con Nicaragua y El Salvador ha venido desarrollando cultivos resistentes a la enfermedad, Santa Rosa 8073 fue el primer cultivo tolerante liberado en Nicaragua en 1985, Urbina (1986).

Ancalmo y Davis (1961), estudiaron los híbridos H-501 y H-503 presentando ambos cerca del 70% de plantas enfermas, calificándolos como poseedores de un alto grado de susceptibilidad, ya que la cosecha sufrió una disminución de un 53%.

Díaz (1969), para establecer la resistencia o tolerancia al patógeno, utilizó semilla de maíz del híbrido H-503 susceptible y H-3 tolerante. Los resultados señalaron que el insecto no presentó preferencia por ningún híbrido y que la incidencia del vector (D. maidis) fue menos en los meses de mayo, junio y julio.

El mismo autor desarrolló trabajos de investigación en la Estación Experimental de Santa Cruz Porrillo (30 mns) para estudiar el grado de incidencia de la enfermedad. Los resultados indicaron que esta localidad reúne

los requisitos en cuanto a condiciones ecológicas se refiere para el desarrollo favorable del patógeno.

Ancalmo (1962), afirma lo anterior, al mencionar que la mayor incidencia se presenta en las zonas costeras, observándose plantaciones completamente dañadas hasta en un 100%.

Rodríguez Sosa (1987) en un trabajo de mejoramiento de poblaciones evaluó en Santa Cruz Porrillo, 400 líneas S1 de la población 22 y 73 para medir resistencia al achaparramiento en estas. Se seleccionaron 40 superiores de cada población con una media de achaparramiento para la población 22 de 46.9% y 17.5%, correspondiente a la población 73 lo que indica que en esta última se han acumulado más genes para resistencia.

Aguiluz *et al.* (1989), evaluaron en 1988 ochocientas líneas del segundo ciclo de selección de las poblaciones 22 y 73 para rendimiento en El Salvador y resistencia al achaparramiento en Nicaragua. Se seleccionaron 40 líneas de la población 73 que había presentado los más altos rendimientos (promedio 3829 kg/ha) y mayor resistencia a la enfermedad. Luego recombinaron las 40 líneas obteniendo 172 familias de hermanos completos. La población 22 mostró alta susceptibilidad a la enfermedad por lo que fue eliminada del proyecto.

## MATERIALES Y METODOS

Durante 1990, se evaluaron en 7 diferentes ambientes de Centro América y El Caribe 9 genotipos de maíz resistentes al achaparramiento, incluyendo el sintético ciclo 3 de la población 73 producto del proyecto colaborativo de achaparramiento y el testigo susceptible H-5. Se establecieron dos tipos de ensayos, uno con 7 materiales blancos y otro con los mismos siete, más dos amarillos y el híbrido H-5.

Se utilizó un diseño estadístico de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; cada parcela experimental estuvo formada por dos surcos de 5.5 m de largo con distanciamiento entre surcos de 0.80 m y entre plantas de 0.50 m, dos plantas por postura, lo que da una densidad de población de 50,000 plantas/ha.

Las variables estudiadas fueron: rendimiento, achaparramiento en plantas y mazorca, días a flor, altura de planta y mazorca, cobertura de mazorca y aspecto de mazorca.

Se realizó análisis de contrastes ortogonales por localidad y combinado, comparando el sintético ciclo de 3 de la población 73, con los demás genotipos en cuanto a rendimiento y porcentaje de plantas y porcentaje de mazorcas afectadas por achaparramiento.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se presentan los datos estadísticos estimados en análisis de varianza combinado de 6 características agronómicas, observándose que las medias de porcentaje de plantas con achaparramiento y porcentaje de mazorcas afectadas resultaron altas, 33.49 y 25.9% respectivamente. Indicando que los ensayos fueron establecidos en ambientes adecuados para la presencia de la enfermedad. En todas las características estudiadas se presentaron diferencias altamente significativas a excepción de altura de mazorca que resultó significativa al 0.05 de probabilidad, en cuanto a los coeficientes de variación los valores resultaron bajos, lo que indica la confiabilidad de los mismos.

En el Cuadro 2, se presentan las medias de 6 características agronómicas de los 10 genotipos de maíz evaluados. Es notable la superioridad del sintético ciclo 3 de la población 73 (que es la variedad experimental formada a través del proyecto colaborativo de achaparramiento), en cuanto a rendimiento supera a la variedad comercial NB-6 en 21% y presenta los valores más bajos de porcentaje de achaparramiento en plantas y en mazorcas 25.1 y 16.6%, respectivamente; el testigo susceptible H-5 presentó los menores rendimientos y los porcentajes más altos de plantas y mazorcas con achaparramiento.

En el Cuadro 3, se presentan los contrastes ortogonales combinados de características agronómicas del sintético ciclo 3 población 73, y las demás variedades evaluadas. Este análisis reafirma la superioridad del S C 3 P 73, ya que en cuanto a porcentaje de achaparramiento en plantas es superior a todas la demás variedades en un nivel de significancia al 0.01 de probabilidad, lo mismo en mazorcas afectadas a excepción de NB-12, con la cual no hay diferencia y en rendimiento es superior a la variedad Santa Rosa 8073 y a NB-6.

En el Cuadro 4, se presentan los valores de correlación entre rendimiento y otras características agronómicas, observándose que existe correlación con todas las características siendo mayor con aspecto de mazorca, porcentaje de mazorcas afectadas y porcentaje de plantas con achaparramiento cuyos valores de (r) al ser negativos indican que si los valores aumentan en estas características el rendimiento disminuye.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de contraste ortogonal combinado entre el sintético ciclo 3 de la población 73 y la mayoría de los demás genotipos evaluados mostró alta significancia, tanto para rendimiento como para achaparramiento en plantas y mazorcas.

El sintético ciclo 3 de la población 73 resultó superior a la variedad comercial NB-6 en 34.1% con respecto a resistencia al achaparramiento y 21.0% en rendimiento.

En base a los resultados obtenidos con el sintético ciclo 3 de la población 73, se recomienda evaluarlo en mayor número de localidades y liberarlo en aquellas zonas con problemas de achaparramiento.

#### BIBLIOGRAFIA

- AGUILUZ, A. et al. al 1989. Avances en el programa de mejoramiento para resistencia al achaparramiento en dos poblaciones de maíz (22 y 73). In: XXXV Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras.
- ANCALMO, O. y W.C. DAVIS, 1961. Achaparramiento (Corn stunt) Palut Disease Report 45:281.
- ANCALMO, O. 1962. Estudios realizados con achaparramiento del maíz en el El Salvador. In: VIII Reunión Anual Centro Americana sobre el Mejoramiento del Maíz, San José, Costa Rica, Proyecto Cooperativo Centroamericano, México D.F. pp 79-83.
- DAVIS, R. et al 1972. Helical filaments produces by a mycoplasm like organism associated with corn stunt sideese. Sci 176:521-523.
- DE LEON, C. 1984. Resistencia genética: Una alternativa contra el achaparramiento del maíz. Presentado en la XXX Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de cultivos Alimenticios, Managua, Nicaragua.
- DIAZ, A de J. 1969. Estudios de la población de Dalbulus sp. vector del virus causante del achaparramiento del maíz. In: XXV. Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, El Salvador.
- FRAZIER, N.W. 1945. A streak disease of corn in California Plant Dis. Rort. 29:212-213.
- MARAMOROSCH, K. 1955. The ocurrence of two distinct types of corn stuntj in Mexico. Plants Dis Report, 39:896-898.
- NIEDERHAUSER, J.A. 1949. Enfermedades del maíz en México. Folleto de Divulgación 9. Oficina Ewt. Exp. SAG, México 39 p.
- RODRIGUEZ, A. 1961. El achaparramiento del maíz en México In: 7a. Reunión Proyecto Cooperativo Centroamerica. Mejoramiento del maíz 77-84. Tegucigalpa, Honduras 108 p.
- RODRIGUEZ SOSA, R. 1987. Evaluación de líneas S1 provenientes de dos poblaciones de maíz del CIMMYT: Pob. 22 y Pob. 73, resistentes al achaparramiento. In: XXXIII

Reunión Anual del PCCMCA.  
Guatemala.

**SCHMOOCK, W y E. ASCENCIO.**  
1989. Perfil del maíz, El  
Salvador, sus implicaciones  
en el establecimiento de  
prioridades de investigación.  
Documento de Consulta CIMMYT.  
Guatemala p. 59.

**URBINA, A.R. 1986.**  
Estabilidad del rendimiento  
de variedades de maíz  
r e s i s t e n t e a l  
achaparramiento. In: XXXII  
Reunión Anual del PCCMCA, San  
Salvador, El Salvador.

CUADRO 1. ESTADISTICOS ESTIMADOS EN ANDEYA COMBINADO PARA 6 CARACTERISTICAS AGRONOMICAS ESTUDIADAS EN ENSAYO DE ACHAPARRAMIENTO. CENTRO AMERICA Y EL CARIBE. 1990.

ESTADISTICOS	REND. kg/ha	DIAS FLOR	ALTURA HAZORCA (cm)	ALTURA HAZORCA (1-5)	%HAZORCA AFECTADA	% PLANTAS ACHAPARRAMIENTO
$\bar{X}$	3874	55	119	2.9	25.9	33.4
F	**	**	*	**	**	**
C.V.X	15.0	1.89	1.61	15.54	43.17	23.82

\* = Significativo al 0.05 de probabilidad.

\*\* = Significativo al 0.01 de probabilidad.

CUADRO 2. PROMEDIO DE RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 10 GENOTIPOS DE MAIZ RESISTENTES AL ACHAPARRAMIENTO EVALUADOS EN 7 AMBIENTES DE CENTROAMERICA Y EL CARIBE. 1990.

VARIEDAD	REND. kg/ha	DIAS FLOR	ALTURA HAZORCA (cm)	ALTURA HAZORCA (1-5)	%HAZORCA AFECTADA	% PLANTAS ACHAPARRAMIENTO
SG3P73	4246	a	54	2.5	16.6	25.1
(8x4) (7x2)	4121	a	56	2.5	26.6	32.7
H-53	4056	a	54	2.5	28.3	33.2
NB-12	3941	a	55	2.5	16.5	32.6
(9x5) (8x7)	3841	a	55	3.0	34.3	34.5
Sint. STR36C3	3597		54	3.0	32.2	37.7
NB-6	3510		54	3.0	29.7	38.1
Santa Rosa 8073	3400		55	3.0	29.1	37.5
GRSDA 88	3112		53	3.0	24.0	45.8
H-5	2549		57	3.5	53.8	59.0

CUADRO 3. CONTRASTES ORTOGONALES DE 3 CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE MAIZ RESISTENTES AL ACHAPARRAMIENTO EVALUADOS EN 7 AMBIENTES DE CENTROAMERICA Y EL CARIBE, 1990.

CONTRASTE	DIF. REND.	P	DIF. %	P	DIF. % MAZORCA	P
	kg/ha		PLATA. ACHAPARR.		AFCCTADO	
SG3P73 VS S.R.8073	846	**	-12.3	**	-12.4	**
VS MB-6	735	**	-12.9	**	-13.0	**
VS MB-12	305	ns	- 7.5	**	0.1	ns
VS N-53	190	ns	- 8.1	**	-11.7	**
VS (9x5) (8x7)	405	*	- 9.4	**	-17.7	**
VS (8x4) (7x2)	125	ns	- 7.5	**	-10.0	**

CUADRO 4. CORRELACION ENTRE RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE VARIEDADES RESISTENTES AL ACHAPARRAMIENTO. CENTROAMERICA Y EL CARIBE, 1990.

VARIABLE	R E N D I M I E N T O	
	r	y
Días a flor	0.35 **	-4415 + 151.3 x
Altura mazorca	-0.17 *	6290 - 20.3 x
Aspecto mazorca	-0.75 **	8666 - 1678.0 x
Porcentaje plantas achaparram.	-0.86 **	5612 - 52.1 x
Porcentaje mazorcas afectadas	-0.74 **	5250 - 53.2 x

\* = Significativo al 0.05 de probabilidad.

\*\* = Significativo al 0.01 de probabilidad.

**AVANCES EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO PARA PRECOCIDAD Y RENDIMIENTO EN LA POBLACION DE MAIZ (*Zea mays* L.) DON MARSHALL GRANO AMARILLO, CHIMALTENANGO, 1990**

**M. R. Fuentes López <sup>1</sup>**

**RESUMEN**

El mejoramiento genético en poblaciones de maíz (*Zea mays* L.), para precocidad y rendimiento es una alternativa tecnológica para incrementar la productividad de los sistemas de producción en el Antiplano medio de Guatemala, en donde se práctica una agricultura intensiva en tiempo y espacio.

El presente estudio se realizó en diferentes localidades de Chimaltenango, Guatemala. Se inició con la evaluación de 400 líneas S1 en el ciclo 88 y un ciclo de selección y recombinación de 144 familias de medios hermanos en el 89 y 90 respectivamente, el objetivo era reducir la frecuencia de genes recesivos deletéricos que limitan el progreso en la selección e incrementar los alelos favorables que determinan la precocidad y adaptación a la diversidad ambiental de la región, así mismo desarrollar variedades sintéticas que presenten buen rendimiento y características agronómicas superiores.

Los resultados indican que se obtuvieron diferenciales de selección en rendimiento relativamente

altos para la variedad experimental y la fracción seleccionada para la recombinación por ciclo de selección, los cuales varían entre 15 y 43%, lo que indica variabilidad en la población y se confirma con las diferencias altamente significativas obtenidas en los análisis de varianza respectivos. Las medias de rendimientos fue de 4,296 y 6,891 kg/ha, en días a floración femenina el último ciclo de medios hermanos es 8 días más precoz en relación a la población base y al relacionarlo con el ciclo vegetativo de las variedades criollas representa una diferencia de 40 días a cosecha; en general se mejoraron las características agronómicas de la población.

**INTRODUCCION**

El Altiplano medio de Guatemala posee una estructura de tierra de minifundio en donde los agricultores de la región practican una agricultura intensiva en tiempo y espacio.

El mejoramiento genético de cultivares para precocidad y rendimiento es una alterna-

---

<sup>1</sup> Técnico del Programa de Maíz. ICTA-GUATEMALA. Km. 23.5 Carretera al Pacífico. Bárcena V.N. Guatemala. C.A.



tiva tecnológica para incrementar la eficiencia de los sistemas de producción de la zona, el cual implica el uso de metodologías de selección que permitan capitalizar al máximo la varianza genética aditiva, reducir la interacción genotipo-ambiente a fin de acumular la frecuencia de genes favorables y que hace posible seleccionar a través de ambientes apropiados.

Los objetivos de este trabajo eran:

Reducir frecuencia de genes recesivos deletéreos que limiten el progreso en la selección e incrementar los alelos favorables que determinan la precocidad y adaptación a la diversidad ambiental del Altiplano medio de Guatemala.

Desarrollar variedades sintéticas precoces con buen rendimiento y características agronómicas superiores.

### **HIPOTESIS**

Todas las progenies de maíz de la población en evaluación presentan similares características agronómicas y de rendimiento.

### **REVISION BIBLIOGRAFICA**

El estado actual de las plantas cultivadas es en gran parte el resultado acumulado de todas las selecciones que continuamente se han practicado durante muchos siglos. Esencialmente es un proceso natural o artificial, mediante el cual se separan plantas

individuales o grupos de los mismos dentro de poblaciones mezcladas. La eficiencia de la selección depende de la presencia de variabilidad, Poehlman (1983).

Los fitomejoradores están interesados en obtener poblaciones para incrementar la producción por hectárea; responder y obtener producción estable a través de ambientes, Wood y Rawal (1983).

Básicamente, cuatro mecanismos en plantas y poblaciones afectan la forma de responder y estabilidad de la producción de un cultivar a través de ambientes variables. Ellos son: plasticidad fenotípica, heterocigosis, heterogeneidad y poliploidia.

Los mecanismos 1, 2 y 4 son aspectos de un genotipo y el inciso 3 es un mecanismo de población, Wood y Rawal (1983).

La obtención de variedades depende del proceso y método de mejoramiento, en donde se puede definir variedad como la fracción de una población en continuo proceso de mejoramiento que es diferente, relativamente uniforme y estable, CIMMYT (1984).

En el proceso de desarrollo de variedades, la metodología para la formación de variedades sintéticas fue sugerida por Hayes y Garber en 1991, Allard, (1980). Una variedad sintética de maíz es el resultado de la multiplicación, bajo condiciones de

polinización libre de un híbrido múltiple. Se han señalado dos ventajas de los sintéticos que son las siguientes:

- Una variedad sintética sería preferible al híbrido en zonas de ingresos bajos para eliminar la necesidad de que el agricultor compre nueva semilla F1 cada año.

- La mayor variabilidad de un sintético podría permitir mayor adaptación que un híbrido, Poehlman (1983).

Se han obtenido sintéticos que son superiores a las variedades de polinización libre, pero sin que lleguen a ser tan productivos como la crusa doble mejor adaptada al área de referencia, Poehlman (1983). Sprague, citado por Allard (1980), encontró que el rendimiento de una variedad sintética puede aumentarse por uno de los siguientes factores o una combinación de los mismos.

- a. Aumentando el número de líneas.
- b. Aumentando los rendimientos medios F1 y
- c. Aumentando el rendimiento medio de los progenitores.

Mediante la aplicación del principio de la selección recurrente, se puede seguir aumentando el rendimiento de la variedad sintética a través de varios ciclos de selección, Poehlman (1983). Córdoba en 1972, siguiendo el esquema teórico de formación de sintéticos propuesto por Kinman y Sprague, encontró

que el mejor sintético estaría formado por líneas y que el número de líneas a involucrar en la formación de sintéticos de maíz debe ser de 5 a 8, ICTA (s/f).

Para estudiar la selección recurrente, conviene reconocer cuatro tipos distintos según la forma por la que se identifican las plantas con caracteres deseables:

1. Selección recurrente simple;
2. Selección recurrente por aptitud combinatoria general;
3. Selección recurrente por aptitud combinatoria específica, y
4. Selección recurrente recíproca.

En la selección recurrente simple, se dividen las plantas en dos grupos, uno que se desechará y otro que se propagará posteriormente, teniendo en cuenta las puntuaciones dadas según el fenotipo de plantas individuales o de sus descendientes por autofecundación, Allard (1980).

## MATERIALES Y METODOS

### Material genético

Como material experimental de maíz se utilizó la población Don Marshall, grano amarillo.

## **Metodología de mejoramiento**

El método usado fue selección recurrente de líneas S1, con dos ciclos consecutivos de medios hermanos, el cual se describen en la Figura 1.

Para considerar la gran interacción genético-ambiental del Altiplano de Guatemala, la evaluación de las familias de M.H, se efectuó en finca de agricultores y la recombinación en el Centro Experimental La Alameda, Chimaltenango, en el mismo ciclo, el número de localidades de evaluación fue de cuatro para incluir el mejor muestreo posible.

### **Localización**

Según Holdridge, el Altiplano Guatemalteco está situada en el área ecológica caracterizada como bosque húmedo tropical de montaña, con temperaturas mínimas diarias de 9.6°C Máxima diaria de 25°C y una media de 15°C, con altitudes entre 1700-1900 msnm. INSIVUMEH (1984). Los suelos pertenecen a las series Cauqué, Patzicia y Tecpan entre otras, de textura franco arcillosa, pH de 6 a 6.5, Simmons (1959).

### **Fecha de siembra y cosecha**

La siembra se realizó en marzo para las localidades de Chimaltenango y el Tejar, y en mayo para las localidades de Sumpango y Xenacoj. La cosecha se realizó entre los meses de octubre y noviembre.

## **Tratamiento y diseño experimental**

En cada localidad se dispuso de una repetición, para minimizar el efecto del ambiente sobre la expresión del rendimiento de las familias de medios hermanos.

### **Manejo del ensayo experimental**

La unidad experimental estuvo constituida por un surco de 5 m, con distancias de siembra entre surco y postura de 1 m, se depositaron 6 granos por postura y ralea 1 a los 15 días después de la siembra y una densidad de 50,000 plantas/ha, que es el sistema tradicional para variedades de porte bajo. Sin embargo, en la localidad de El Tejar, la evaluación de familias de M.H, se realizó en el sistema de doble surco, el cual consistió en disponer 2 surcos, separados 0.4 m y las posturas al tresbolillo, con distancias de 1 m lo que proporciona 2 m de calle para siembras de hortalizas y una densidad del maíz de 42,666 plantas/ha.

El control de malezas fue manual, se realizó la limpia a los 40 días y calza a los 85 días después de la siembra, las otras variables no experimentales recibieron un manejo óptimo para el buen desarrollo del cultivo.

### **Variables experimentales**

Días a floración femenina y masculina, altura de planta y mazorca, por ciento

de acame de raíz y tallo, rendimiento en kg/ha al 15% de humedad, porcentaje de mazorca podrida y descubierta. En cada variable experimental en estudio, se realizó el análisis de varianza, bajo el modelo de Látice

$$Y_{ijk} = M + RK + Ti + Bj(Rk) + e_{ijk}$$

y para discriminar los tratamientos en la comparación de medias se utilizó DMS. Para determinar el grado de asociación entre rendimiento y características agronómicas de baja heredabilidad, cómo cobertura y pudrición de mazorca, se estimaron coeficientes de correlación simple.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 1, presenta el esquema de mejoramiento de la población Don Marshall, donde se ha hecho una presión de selección del 20% para las progenies que se recombinan y continúan el siguiente ciclo de mejoramiento, la formación de la variedad sintética, se realizó con el remanente de semilla de las 8 líneas superiores de la evaluación de líneas S1. Para realizar en menor tiempo el proceso de mejoramiento, se utilizó el Centro de Producción San Jerónimo, B.V., para realizar la recombinación en el ciclo de riego. La evaluación de familias de medios hermanos, se realizó en diferentes localidades de la región, en finca de agricultores, Cuadro 1, a fin de minimizar el efecto de la interacción genotipo-ambiente y simultáneamente se recombina la

población en la Estación Experimental.

Los Cuadros 2 y 3, presentan la metodología de evaluación y el resumen del análisis de varianza para las variables en estudio a través de los diferentes ciclos de mejoramiento. Los coeficientes de variación indican confiabilidad de la información generada en la evaluación y permite detectar diferencias entre tratamientos. Con los valores de porcentaje de mazorca podrida y descubierta, se transformaron a valor de  $(x + 1)^{0.5}$ , con el propósito de normalizar los datos y poder efectuar los análisis estadísticos.

En todas las variables en estudio, existieron diferencias altamente significativas (0.01), lo cual indica que las poblaciones presentan variabilidad para dichas características agronómicas.

Los Cuadros 4, 5 y 6, presentan los rendimientos y características agronómicas de líneas y familias de medios hermanos que se seleccionaron para conformar la variedad experimental, así como las medias de las familias seleccionadas para continuar el ciclo de mejoramiento y la media de la población, en todos los ciclos de selección la media de rendimiento de la variedad experimental, superó a la media de las familias de M.H seleccionadas y a la media de la población.

En la Figura 2, se aprecian los rendimientos en

ton/ha. a través del proceso de mejoramiento, en donde las medias de rendimiento de la población de M.H que se realizó en 1990, supera a los ciclos anteriores y básicamente a la población base de donde se derivaron las líneas S1. Inicialmente las líneas S1 muestran un decremento en el rendimiento, pero se debe a la endogamia que sufren. Sin embargo, en los dos subsiguientes ciclos de mejoramiento el rendimiento aumenta, de acuerdo con la regla de Hardy-Weinberg, cuando existen 3,4,5...n líneas como progenitores de la variedad sintética  $1/3, 1/4, 1/5 \dots 1/n$  del aumento de vigor se perderá respectivamente en la generación F2 y no habrá más disminuciones del vigor si el apareamiento se hace totalmente al azar, Allard (1980).

La variable días a floración femenina, expresa el nivel de precocidad que posee la población en el cual la presión de selección ha logrado disminuir en 8 días la floración del último ciclo de selección en relación a la población base, lo cual equivale a 20 días a cosecha antes de lo normal en relación a la población base, siendo esta variable una característica de alta heredabilidad, Narro (1990).

La metodología de selección ha podido identificar familias con mejores características agronómicas en especial disminuir el porcentaje de pudrición de mazorca y cobertura, como se observa en los Cuadros 4,5 y 6.

En el Cuadro 7, se presentan las correlaciones (r) de las variables en estudio con el rendimiento de grano. Sin embargo, los valores de r son bajos y deben tomarse con cierta reserva debido en gran parte a los grados de libertad del diseño. El porcentaje de prolificidad ( $r=0.372^{**}$ ), puede explicar mejor el rendimiento si se considera que existieron valores máximos de 175 y mínimos de 61%, lo cual significa que a menor prolificidad, menor rendimiento, no se observó correlación entre la floración femenina y el rendimiento ( $r=0.029$  ns).

#### CONCLUSIONES

Se ha obtenido una respuesta a la metodología de selección recurrente utilizada para capitalizar rápidamente en la población la precocidad y aumentar el rendimiento, lo cual puede apreciarse en los diferenciales de selección que fueron entre un rango de 15 y 42% para la media de familias seleccionadas y variedad experimental.

Se observó una disminución de 8 días en floración femenina del último ciclo de medios hermanos en relación a la población base.

Se formó la variedad sintética Don Marshall, con el remanente de semilla de las 8 líneas superiores.

## BIBLIOGRAFIA

**ALLARD, R.W. 1980.**

Principios de la mejora genética de las plantas. 4a. Ed. Editorial Omega, Barcelona, España.

**CIMMYT. 1984.** Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de maíz de polinización libre. Londres 40, México.

**DE LA CRUZ, J.R. 1982.**

Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Instituto Nacional Forestal. Guatemala. 42 p.

**POEHLMAN, J. H. 1982.**

Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa, 8a. Ed. México.

**SIMMONS, CH TARANO, M.Y PINTO,**

**V. M. 1959.** Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado. Edit. José de Pineda Ibarra, Guatemala. 1000 p.

FIGURA 1. METODOLOGIA DE SELECCION RECURRENTE EN LA POBLACION DE MAIZ DON MARSHALL.

POBLACION BASE	
1987 Chimaltenango	Generación de Líneas S1
1987b San Jerónimo	Observación de Líneas S1
1988 Chimaltenango	Evaluación de Líneas S1 - - - - - 20% Selección
1988b San Jerónimo	Recombinación 20% líneas - - - - - Generar Sintético 1
1989 Chimaltenango	Eval. y recomb. M.H., Campo Agricultor F2 Sintético
1990 Chimaltenango	Eval. y recomb. M.H., Campo Agricultor

CUADRO 1. AMBIENTES DE EVALUACION DE LA POBLACION DE MAIZ DON MARSHALL.

AÑO	PROGENIE	LOCALIDAD			
		1	2	3	4
1988	Líneas S1.	Est. Exp.			
1989	Fam. M.H.	Est. Exp.	El Tejar	Chimalt.	Xenacoj
1990	Fam. M.H.	Est. Exp.	El Tejar	Sumpango	Xenacoj

CUADRO 2. METODOLOGIA DE EVALUACION DE LA POBLACION DON MARSHALL.

AÑO	PROGENIE	DISEÑO	ENTRADAS	REPETICION	LOCALIDAD
1988	Líneas S1	L.S. 20x20	400	2	1
1989	Fam. M.H.	L.S. 14x14	144	4	4
1990	Fam. M.H.	L.S. 14x14	144	4	4

CUADRO 3. ESTADISTICOS ESTIMADOS PARA RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LA POBLACION DON MARSHALL, A TRAVES DE DIFERENTES CICLOS DE MEJORAMIENTO.

PROGENIE	ESTADISTICOS	REND kg/ha	DIAS FLOR	HELM. POD. DESC	% MZCA	
Lineas S1 (1988)	Media	3091	113	4	8	5
	F. calc.	##				
	CV %	19				
	DMS	1462				
Fam. M.H. F1 (1989)	Media	4445	99	4	7	5
	F. calc.	##				
	CV %	20				
	DMS	772				
Fam. M.H. F1 (1990)	Media	6891	98	4	8	8
	F. calc.	##	##	##	##1/	##1/
	CV %	10	2	8	29	26

##: Significativo 1%

1/: Transformado  $(x+1)^{0.5}$

CUADRO 4. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LINEAS SELECCIONADAS DE LA POBLACION DON MARSHALL, CHIMALTENANGO, 1998.

LINEA	kg/ha	DIAS FLOR	ALTURA		% MZCA		RAIZ	TALLO	DIF SELC.
			PLTA	MZCA	DESC	POD			
364	5230	114	210	120	4	6	0	0	
164	4730	116	198	100	2	4	0	0	
99	4600	114	200	103	4	5	0	0	
122	4400	113	185	93	0	4	0	0	
39	4300	113	205	118	0	9	0	0	
368	4100	111	188	102	0	9	0	0	
222	4070	114	185	100	2	8	0	0	
183	4050	112	152	80	0	2	0	0	
85	4000	109	187	85	2	9	0	0	
X V.E.	4387	112	190	100	2	6	0	0	142
X L.S.	4120	111	188	101	3	7	0	0	133
X POB.	3091	113	178	90	5	8	0	1	100



CUADRO 5. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LAS FAMILIAS SELECCIONADAS DE M.H. F1 DE LA POBLACION DON MARSHALL. CHIMALTENANGO, 1989.

FAM.	REND kg/ha	DIAS FLOR	ALTURA		% MZCA		% ACAME		DIF SELEC.
			PLTA	MZCA	DESC	POD	RAIZ	TALLO	
89	6854	100	257	127	6	1	1	0	
98	6587	98	222	105	2	5	1	1	
4	6332	97	243	122	2	4	0	0	
76	6024	100	240	108	9	4	0	0	
105	5949	100	242	128	7	4	1	0	
79	5938	100	235	125	2	5	0	0	
70	5906	99	218	95	2	2	0	0	
7	5879	94	238	103	3	4	0	2	
22	5862	97	223	115	8	3	8	0	
5	5837	97	232	125	7	9	1	0	
X V.E.	6117	98	235	115	5	4	1	0	138
X F.S.	5768	99	228	113	4	4	3	1	130
X POB.	4445	99	234	112	5	7	4	1	100

CUADRO 6. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LAS FAMILIAS SELECCIONADAS DE M.H. F2 DE LA POBLACION DON MARSHALL. CHIMALTENANGO, 1989.

FAM.	REND kg/ha	DIAS FLOR	ALTURA		% ACAME		% MZCA		HELM	DIF SELEC.
			PLTA	MZCA	RAIZ	TALLO	DESC	POD		
137	9406	98	259	148	1	0	4	9	4	
33	9164	96	235	118	0	1	2	10	4	
4	8946	98	239	121	6	2	2	11	4	
131	8655	98	241	134	1	0	2	10	4	
125	8642	99	260	145	1	0	3	10	4	
49	8635	98	259	151	0	1	3	10	4	
129	8535	98	246	138	1	0	6	8	4	
113	8508	98	235	124	1	1	3	5	4	
X V.E.	8811	98	247	135	1	1	3	9	4	128
X F.S.	7946	98	242	128	1	1	6	4	4	115
X POB.	6891	98	235	122	2	1	8	8	4	100

CUADRO 7. COEFICIENTES DE CORRELACION ( $r$ ) PARA RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LA POBLACION DON MARSHALL M. H. F2. CHIMALTENAN60, 1990.

VARIABLE	$r$
Dias Flor	0.029 ns
Altura planta	0.421 ns
Altura mazorca	0.463 ††
Helminthosporium sp.	-0.151 ns
% acame raiz	-0.136 ns
% acame tallo	-0.144 ††
% prolificidad	0.372 ††
% mazorca podrida	-0.233 ††
% mazorca descubierta	0.078 ns

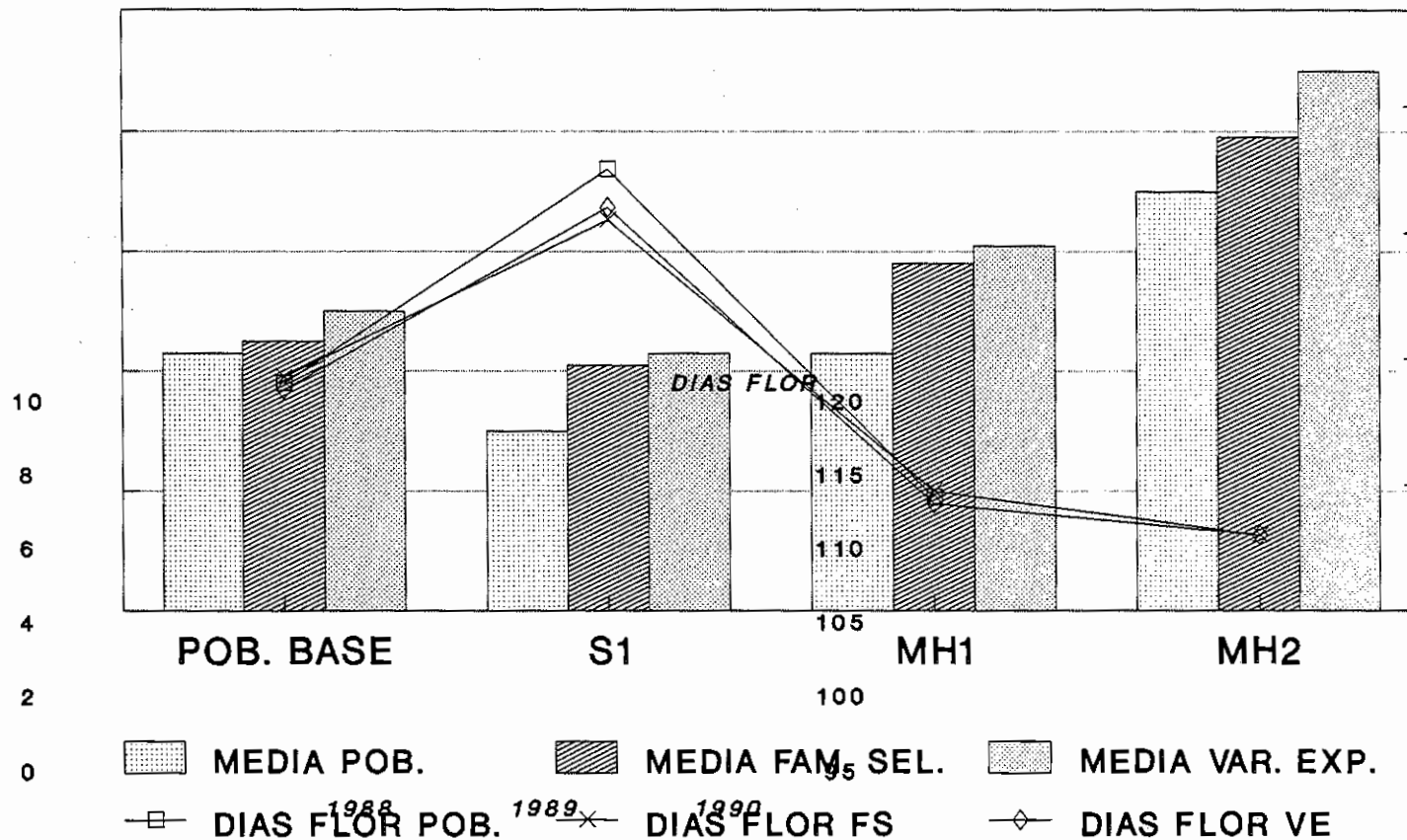
†† Significativo 1%

† Significativo 5%

ns No significativo

**FIG. 2 POBLACION DON MARSHALL  
MEJORAMIENTO POBLACIONAL  
VARIEDAD DON MARSHALL**

REND. TM/HA



**EVALUACION DEL PROGRESO DE TRES CICLOS DE SELECCION  
RECURRENTE DE HERMANOS COMPLETOS EN POBLACIONES  
TROPICALES DE MAIZ**

**M. Sierra, F. Rodríguez, R. Castillo<sup>1</sup> ; J. Martínez<sup>2</sup>  
F. Márquez<sup>3</sup> R. Valdivia<sup>4</sup>; R. Preciado<sup>5</sup>**

**RESUMEN**

Con el objetivo de medir el avance logrado mediante mejoramiento intrapoblacional a base de selección recurrente de hermanos completos en las poblaciones tropicales de maíz, sintético tropical dentado (STD), tuxpeño tropical cristalino (TTC) y población élite tropical (PET), se diseñó un experimento en el que se incluyeron los ciclos 0, 1, 2 y 3 de cada una de las tres poblaciones, 7 testigos mejorados y el criollo local con fines de comparación. El diseño utilizado fue parcelas divididas en bloques al azar con 20 tratamientos y seis repeticiones en los que la parcela chica fueron los ciclos de selección y la parcela grande las poblaciones de maíz, las localidades de evaluación fueron: Cotaxtla, Ver., Iguala, Gro., y Ocozocuatla, Chis. En los resultados se observan venta-

jas importantes en cuanto al avance cíclico, así como también con respecto a los testigos en las variables: rendimiento, días a floración, altura de planta y porcentaje de acame. Para rendimiento, en la población STD, se encontró una ganancia del 4% solo en el ciclo 2, en la población TTC, 4 y 7% para los ciclos 1 y 3 respectivamente y para la PET las ganancias fueron mayores 8, 11 y 16% para los ciclos 1, 2, 3 respectivamente. Por lo que se refiere a las características agronómicas, se encontró para la altura de planta que hubo un efecto importante de la selección solamente en la población PET, ya que hubo una reducción en la altura de 264 cm, hasta 207 cm, a través de los tres ciclos de selección, lógicamente, si observamos las poblaciones bases, la PET es una de las poblaciones más

- 
- 1 Ing. Agr. Investigadores. Red de Maíz del CECOT. CIFAT - VER. INIFAP. SARH.
  - 2 Ing. Agr. Investigador. Red de Maíz del CECOT. Hasta Junio de 1990.
  - 3 PhD. Experto. Red de Maíz Zona Sur. INIFAP. SARH.
  - 4 PhD. Experto. Red de Maíz Zona Centro. INIFAP. SARH.
  - 5 Investigador. Red de Maíz del CECOT.

altas y uno de los criterios iniciales de selección fue bajar la altura de planta. En cuanto a días a floración no hubo prácticamente modificaciones y para acame fue también en la población PET donde hubo una reducción importante.

## INTRODUCCION

En todo proceso y en cada una de las fases del mejoramiento genético de los cultivos, se hace importante medir el avance logrado, así también, conocer la situación que guardan las poblaciones en cada una de las fases del mejoramiento, ya sea desde el punto de vista de su comportamiento como tales, o bien desde el punto de vista de la variación genética presente. El objetivo del presente trabajo fue medir el avance logrado mediante mejoramiento intrapoblacional a base de selección recurrente de hermanos completos en las poblaciones de maíz sintético tropical dentado (STD), tuxpeño tropical cristalino (TTC), y población élite tropical (PET).

## REVISION DE LITERATURA

El mejoramiento poblacional en el cultivo de maíz es importante porque aprovecha la porción aditiva de la varianza genética presente en las poblaciones y además genera subproductos que son variedades de polinización libre de alto rendimiento y amplia adaptación, Lonngquist (1979). En la hibridación, el mejoramiento poblacional también es importante porque

se está en posibilidades de obtener líneas superiores que a su vez formen mejores combinaciones híbridas.

En los últimos años, una serie de trabajos han revelado que mediante la selección recurrente continua, es posible incrementar constantemente el potencial de rendimiento de variedades de polinización libre de maíz, llegando éstas, en algunos casos a superar a los híbridos utilizados en una área, Oyervides (1981).

Al mejorar las poblaciones de maíz, estas adquieren amplia adaptación y relativamente altas tolerancias a factores adversos como son insectos, enfermedades, sequía, etc, que se presentan en algunas regiones, Lonngquist (1979).

Entre los métodos de mejoramiento poblacional, la selección recurrente de hermanos completos es un medio eficiente para mejorar las poblaciones de maíz, debido a que el coeficiente de la varianza aditiva entre familias es relativamente grande, Compton y Lonngquist (1982), con la utilización de este método se ha obtenido ganancias de hasta 3% promedio por ciclo, Hakkuer y Miranda (1981), Mool y Stuber (1971).

## MATERIALES Y METODOS

Para lograr los objetivos anteriores, se diseñó un experimento en el que se incluyeron los ciclos 0, 1, 2 y 3 de cada una de

las poblaciones STD, TTC y PET, 7 testigos mejorados y el criollo local con fines de comparación.

El diseño utilizado fue parcelas divididas en bloques al azar con 20 tratamientos y 6 repeticiones en parcelas de 4 surcos de 5 m de largo separados a 80 cm, para considerar los dos surcos centrales como parcela útil, depositando tres semillas cada 50 cm para dejar dos plantas por mata después de la segunda labor.

Las localidades de evaluación fueron Cotaxtla, Ver., Iguala, Gro., y Ocozocuatla, Chis., comprendidas en el área tropical de la zona sur del país.

#### **Germoplasma utilizado**

El germoplasma utilizado en la presente investigación fueron los ciclos 0, 1, 2 y 3 de las poblaciones STD, TTC y PET de los cuales a continuación se hace una breve descripción acerca de la mecánica para su formación y se registran en el Cuadro 1.

#### **CO) STD, TTC, PET**

Recombinación de un CMB de las 250 familias de hermanos completos para cada población formados en 1982 A y evaluados en 1982 B.

#### **C1) STD, TTC, OET**

Recombinación de un CMB formado con 5 semillas por familia de MH a partir de la 2ª recombinación 1983 B.

#### **C2) STD, TTC, OET**

Recombinación de un CMB formado a partir de 10 semillas por familias de MH a partir de la 2ª recombinación. 1985 B.

#### **C3) STD, TTC, PET**

Recombinación de un CMB formado con 10 semillas por familias de MH provenientes de la primera recombinación.

CMB= Compuesto mecánico balanceado.

MH = Medios hermanos.

A = Ciclo otoño-invierno.

B = Ciclo primavera-verano.

CO, 1, 2, 3 Ciclo de selección en las poblaciones.

#### **Variables y registro de datos**

Se registraron en su oportunidad las variables rendimiento de grano en ton/ha, días a floración masculina, altura de planta en cm, el porcentaje de acame y porcentaje de mala cobertura de la mazorca.

#### **Análisis estadístico**

Se hicieron los análisis estadísticos para las variables anteriormente mencionadas para cada localidad, así como también se hizo el análisis combinado para la variable rendimiento de grano.

#### **RESULTADOS Y DISCUSION**

En el Cuadro 2 y Figura 1, se observa el rendimiento y características agronómicas

de los tres ciclos de selección recurrente de hermanos completos en las poblaciones de maíz STD, TTC y PET. Vemos que en las poblaciones base (ciclo cero) existen diferencias en comportamiento bajo las condiciones en que fueron evaluados debido a que tenían diferente avance en el mejoramiento, así como también son diferentes en cuanto a su constitución genética. Tenemos que la STD y TTC son poblaciones de ciclo intermedio y de planta baja provenientes del CIMMYT, en las que ya se tenía cierto grado de avance en mejoramiento poblacional y PET es una población de amplia base genética a base de criollos sobresalientes, pero sin mejoramiento. Para la variable rendimiento de grano las ganancias obtenidas en la población TTC fueron de, 4 y 7% para los ciclos 1 y 3, respectivamente y para la PET las ganancias fueron mayores 8, 11 y 16% para los ciclos 1, 2 y 3.

En lo que se refiere a las características agronómicas, se encontró para la altura de planta que hubo un efecto importante de la selección solamente en la población PET, ya que hubo una reducción de 264 cm, hasta 207 cm, a través de los tres ciclos de selección. Si observamos las poblaciones base, la PET es la población más alta y uno de los criterios iniciales de selección fue bajar la altura de planta. En cuanto a días de floración no hubo prácticamente modificaciones.

En el Cuadro 3, se encuentra el rendimiento en ton/ha para cada una de las tres localidades (Cotaxtla, Ver., Igualá, Gro., y Ocozocuautila, Chis.) y a través de localidades donde vemos que la respuesta a la selección se mostró diferente para las poblaciones y también para las localidades. Así vemos que para Cotaxtla se encontró respuesta a los ciclos 1 y 2, pero no al 3 en las tres poblaciones (STD, TTC y PET). En Igualá el ciclo cero de STD registró mejor rendimiento que los ciclos 1, 2 y 3; para PET la respuesta fue favorable en los ciclos 2 y 3; para TTC hubo respuesta a los ciclos 1 y 3 de selección. Para Ocozocuautila, Chis., se encontró respuesta en STD en los ciclos 1 y 2, en PET hubo respuesta en los tres ciclos de selección y para TTC solo se observa respuesta en el primer ciclo de selección.

### CONCLUSIONES

La mejor respuesta a la selección recurrente de hermanos completos en la variable rendimiento se encontró en la población Elite Tropical (PET) con 8, 11 y 16% para los ciclos 1, 2 y 3 respectivamente.

Para días a floración esta se redujo en 2 días para STD y TTC y uno en PET a través de los tres ciclos de selección.

Para altura de planta fue en la población PET donde se encontró la mejor respuesta a la selección.

## BIBLIOGRAFIA

- COMPTON, W.A. AND J. H. LONNQUIST. 1982. A Multiplicable selection index applied to four cycles of full-sib recurrent selection in maize. Crop. Sci. Vol 2 p. 981-983.
- HAKKAUER, A.R. AND J.B. MIRANDA. 1981. Quantitative genetic in maize breeding. Iowa state University press.
- LONNQUIST, J.H. 1979. Covergent. Divergent Selection for area improvement in maize Crop. Sci. Vol. 19. p 602-604.
- MOLL, R.H. AND C.W. STUBER. 1971. Comparisons of response to alternative selection initiated with two populations of maize (Zea mays L.) Crop. Sci. Vol 2 p. 706-711.
- OYERVIDES, G.M. 1981. Programa de maíz del CIAB-informe técnico CIAB. INIA-SARH p. 124-127.



CUADRO 1. GERMOPLASMA UTILIZADO EN LA EVALUACION DEL PROGRESO DE LA SELECCION RECURRENTE DE HERMANOS COMPLETOS EN POBLACIONES TROPICALES DE MAIZ. 1989 B.

STD	C0	TTC	C0	PET	C0	V-530	VS-525
STD	C1	TTC	C1	PET	C1	IG-STD-82	V-524
STD	C2	TTC	C2	PET	C2	V-522	V-454
STD	C3	TTC	C3	PET	C3	H-507	TEST. LOCAL

CUADRO 2. RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE TRES CICLOS DE SELECCION RECURRENTE DE HERMANOS COMPLETOS EN POBLACIONES TROPICALES DE MAIZ. INIFAP. SARH. 1989 B.

Genealogía		Rendimiento ton/ha*	(%) Rel.	Altura de Planta (Cm.)	Días a Flor.
STD	C3	4.88	103	237	56
STD	C2	4.93	104	250	56
STD	C1	4.74	100	241	56
STD	C0	4.75	100	242	58
TTC	C3	5.04	107	215	55
TTC	C2	4.89	104	214	55
TTC	C1	4.92	104	212	56
TTC	C0	4.71	100	207	56
PET	C3	4.92	116	207	56
PET	C2	4.70	111	256	56
PET	C1	4.56	108	248	57
PET	C0	4.23	100	264	57

CME = 0.149

Media General = 4.50

CV = 8.57%

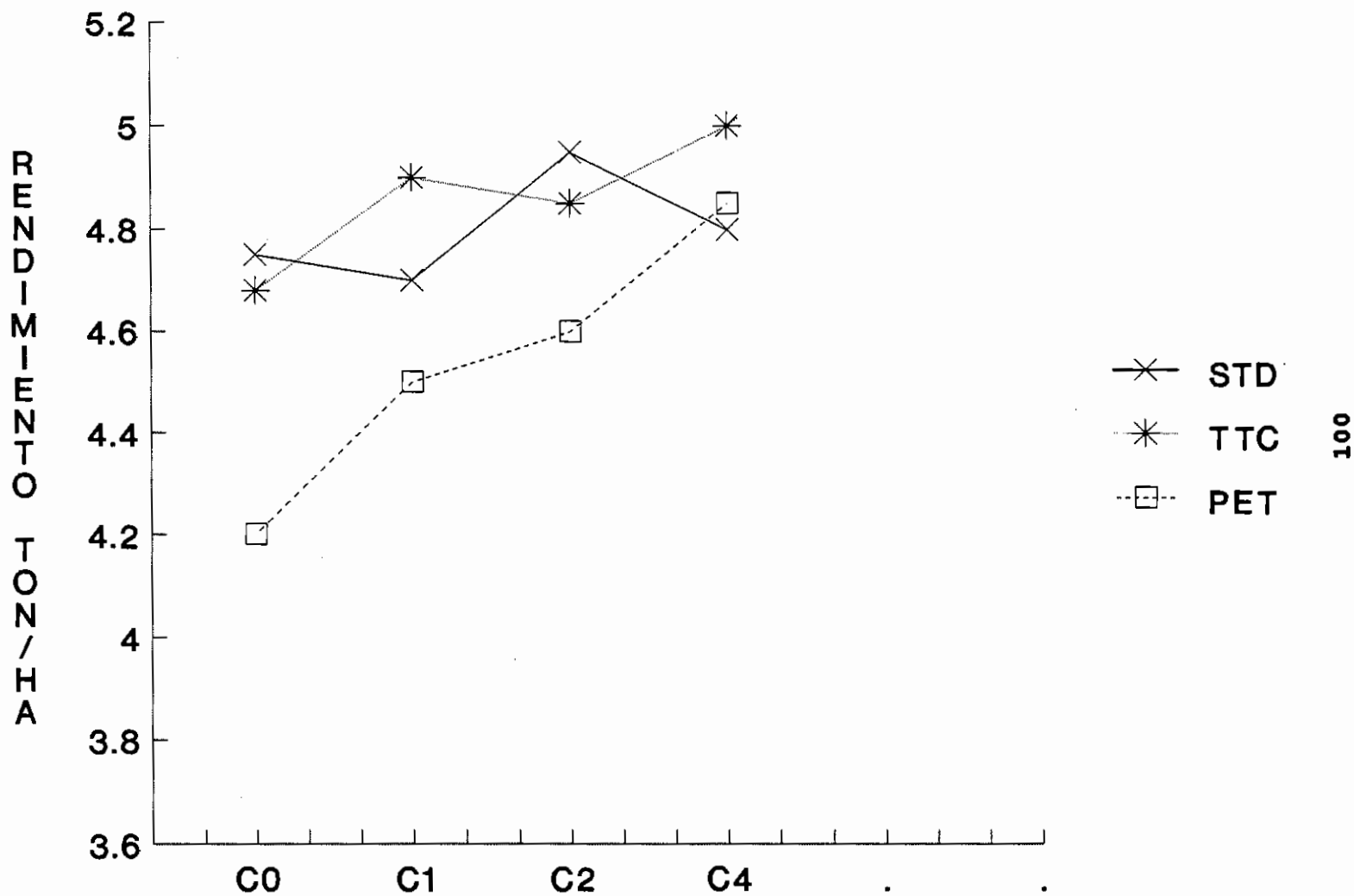
\* Promedio de localidades Cotaxtla, Ver. Iguala, Gro. y Ocozocuatla, Chis.

CUADRO 3. EVALUACION DEL PROGRESO DE 3 CICLOS DE SELECCION RECURRENTE DE HERMANOS COMPLETOS EN POBLACIONES TROPICALES DE MAIZ.

No. de Orden	Genealogia	Rendimiento en ton/ha.			
		Cotaxtla, Ver.	Iguala, Gro.	Ocozocuautila, Chis	Promedio
1	STD C0	4.22	5.897	4.13	4.75
2	STD C1	4.64	5.254	4.33	4.74
3	STD C2	4.73	5.313	4.74	4.93
4	STD C3	4.50	5.718	4.41	4.88
5	PET C0	2.94	6.200	3.55	4.23
6	PET C1	3.72	6.113	3.85	4.56
7	PET C2	3.72	6.241	4.14	4.70
8	PET C3	3.16	6.734	4.88	4.92
9	TTC C0	4.23	5.392	4.50	4.71
10	TTC C1	4.34	5.846	4.56	4.92
11	TTC C2	4.65	5.616	4.40	4.89
12	TTC C3	4.45	6.266	4.39	5.04
13	V-530	4.30	5.149	4.18	4.54
14	IG STD-82	3.86	5.155	4.29	4.44
15	V-522	3.65	4.714	3.52	3.96
16	H-507	3.76	3.776	3.23	3.59
17	VS-525	3.63	3.776	3.23	3.55
18	V-524	3.13	4.716	3.62	3.82
19	V-454	3.68	5.535	4.33	4.52
20	TESTIGO LOCAL *	1.99	6.787	4.25	4.34
	CME	0.229	0.512	0.283	0.149
	Media General	3.864	5.510	4.12	4.50
	CV	12.39%	12.74%	12.91%	8.57%

\* En Cotaxtla Criollo Hugo en Iguala Sintético Dialélico.

FIGURA 1. EVALUACION DEL PROGRESO DE TRES CICLOS DE SELECCION RECURRENTE DE HERMANOS COMPLETOS EN POBLACIONES TROPICALES DE MAIZ. CECOT. CIFAP-VER. INIFAP. 1989 B.



EVALUACION DE GERMOPLASMA DE MAIZ POR SU RESISTENCIA  
AL GUSANO COGOLLERO Spodoptera frugiperda (Smith)

J. C. Escobar Bethancourth, A. Aguiluz, F. Guerra<sup>1</sup>  
H. Córdova<sup>2</sup>

RESUMEN

El maíz es uno de los cultivos más importantes en Centro América al ser parte básica de la alimentación; sin embargo, en su proceso de producción existen factores que reducen los rendimientos, encontrándose entre ellos el gusano cogollero Spodoptera frugiperda (Smith). Para el cual se dirigen hasta 5 aplicaciones de insecticida para su control. Esta situación ha motivado al Programa de Maíz del Centro de Tecnología Agrícola a buscar alternativas para reducir este problema, por lo que a partir de 1990 se realizaron dos ensayos con el objeto de encontrar fuentes de resistencia, evaluándose 121 líneas en dos ambientes, que incluían 9 líneas comerciales y se usó el diseño de látices 11 x 11 con 2 repeticiones por localidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos se seleccionaron 17 líneas que representan una presión de selección del 15% y el 6% para la variedad experimental.

La media de rendimiento de la fracción de selección superó en 58% la media de la población y el grado de daño del gusano cogollero se redujo en un 15%. El diferencial de selección para rendimiento de la variedad experimental fue 67% mayor que la media de la población y 18% menor con respecto al grado de daño del gusano cogollero. Todos los caracteres evaluados fueron altamente significativas y el que más correlacionó con el rendimiento fue el aspecto de planta y mazorca; sin embargo, con el grado de daño por cogollero el aspecto de planta tuvo una correlación altamente significativa.

Los estimadores de heredabilidad muestran que se puede esperar un progreso sustancial en el incremento de genes que condicionan la herencia de la mayoría de los caracteres estimados.

INTRODUCCION

En El Salvador el maíz es uno de los cultivos más

---

<sup>1</sup> Investigadores. Programa de Maíz, CENTA-MAG. El Salvador.

<sup>2</sup> Coordinador, Programa de Maíz del CIMMYT para Centroamérica y el Caribe

importantes, al ser parte básica de la alimentación de la población, sin embargo su producción se ve severamente afectada por una cantidad de problemas, siendo las plagas uno de los más importantes y encontrándose dentro de ellas el gusano cogollero Spodoptera frugiperda (S.) y para el cual se dirigen para su control hasta 5 aplicaciones de insecticida, cuando sus ataques son severos, lo cual reduce los rendimientos del cultivo, aumenta la contaminación ambiental y los costos de producción. Esta situación plantea la necesidad de buscar alternativas para el problema; siendo una de ellas el uso de materiales resistentes, motivo por el cual a partir de 1989 se evalúan líneas de maíz provenientes del CIMMYT, con el objeto de detectar alguna fuente de resistencia que pueda ser utilizada en la formación de híbridos comerciales.

La evaluación se llevó a cabo en el cantón Las Flores, jurisdicción de San Pedro Masahuat, Departamento de La Paz y en Santa Cruz Porrillo, jurisdicción de Tecoluca, Departamento de San Vicente, durante el período de mayo a octubre de 1990.

#### **MATERIALES Y METODOS**

##### **Ubicación y características del lugar**

La investigación se desarrolló en la Zona Costera de El Salvador, ubicándose en el Cantón Las Flores, jurisdicción de San Pedro

Masahuat, Departamento de La Paz, que posee un suelo franco arenoso, una temperatura promedio de 26°C, humedad relativa promedio de 79% precipitación de 1810 mm y una altura de 35 msnm. Un segundo campo se localizó en el Cantón Santa Cruz Porrillo, jurisdicción de Tecoluca, Departamento de San Vicente, ubicada a 30 msnm y presentó una temperatura de 26°C, humedad relativa de 81%, precipitación de 1727 mm y posee un suelo franco arenoso.

##### **Siembra y labores agronómicas**

Las siembras se llevaron a cabo el 22 y 29 de mayo de 1990 y el suelo fue preparado con tres pasos de rastra y surcado, se usó un distanciamiento de 0.8 m entre surcos y 15 cm entre posturas. Se utilizó Diazinon en dosis de 2.1 l/ha para el control de plagas del suelo. Posteriormente se utilizaron los herbicidas Atrazina y Lazo en dosis de 2.1 kg y l/ha, respectivamente.

A la siembra se fertilizó con fórmula 20-20-0 en dosis de 259 kg/ha y a los 20 y 40 días se utilizaron Urea (46%) y Sulfato de Amonio en dosis de 97 y 129 kg/ha, respectivamente. Las plagas foliares no se controlaron.

##### **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño de látices 11x11, evaluándose 121 líneas, de las cuales 9 se usan en la formación de híbridos comerciales.

Entre cada bloque se usó un testigo susceptible y uno resistente.

Se utilizaron 4 repeticiones y se colocaron 2 en Santa Cruz Porrillo y 2 en la Cooperativa Astoria y se usó un surco de 3 m de largo por entrada.

#### Toma de datos

Para la evaluación del daño de cogollero se dependió de las infestaciones naturales y se usó la escala propuesta por Mihhm J. (1984) en donde:

- (0) Daño ligero de agujeritos
- (1) Agujeritos en 2 ó más hojas
- (2) Agujeros y unas cuantas lesiones elongadas
- (3) Agujeros y varias lesiones elongadas
- (4) Muchas lesiones elongadas
- (5) Muchas lesiones elongadas y unas cuantas porciones comidas
- (6) Muchas lesiones elongadas y varias porciones comidas
- (7) Muchas lesiones elongadas, porciones comidas y daño en el cogollo
- (8) Muchas lesiones elongadas, porciones comidas, y cogollo destruido
- (9) Planta moribunda o muerta

Del gusano cogollero se realizaron 4 evaluaciones a

los 23, 30, 37 y 45 DDS. De los materiales evaluados se tomó también la información de altura de planta, altura de mazorca, floración masculina y femenina, aspecto de la planta, aspecto de mazorca, cobertura de mazorca, mazorcas podridas, acame, planta cosechada y rendimiento.

Para determinar la asociación entre las variables en estudio se efectuaron correlaciones simples y para la selección de líneas superiores se tomó como base el rendimiento, el grado de daño por cogollero, la pudrición de mazorca, la floración y la altura de mazorca.

La presión de selección realizada fue de 15% para la fracción de recombinación y 6% para la formación del sintético o variedad experimental.

Para la estimación de la heredabilidad de los caracteres se usó la fórmula descrita por Zea J.L. (1989):

$$H^2 = \frac{(CMT - CME) / r}{(CME / r + (CMT - CME) / r)} \times 100$$

#### RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se presentan los resúmenes de análisis de varianza para el rendimiento y demás variables agronómicas y se observa una diferencia altamente significativa, que muestra la variabilidad en los caracteres analizados. Los coeficientes de variación fueron elevados para la pudrición de mazorca

y altura de mazorca, lo que puede deberse a la alta incidencia de pudrición en uno de los ambientes en estudio y para el caso de la altura de mazorca debido a la variabilidad que presentaron las líneas en cuanto a esta característica.

El Cuadro 2, muestra el rendimiento y características agronómicas de 17 líneas seleccionadas para continuar el ciclo de mejoramiento (L.S.), que representan una presión de selección del 15% y se observa que la media de rendimiento de la fracción seleccionada supera a la media de la población en un 58%. De igual manera, se disminuyó el grado de daño de cogollero en 15% y 38% el de pudrición de mazorca.

En el Cuadro 3, se presenta el rendimiento y características agronómicas de 7 líneas que se seleccionaron para formar la variedad experimental (V.E.) y se observa que la media de rendimiento de la V.E. superó la media de las líneas seleccionadas (L.S.) en un 58% y en 67% a la media de la población. También las características de grado de daño de cogollero y pudrición de mazorca fueron disminuídas en 19% y 53%.

En el Cuadro 4 se muestran las correlaciones ( $r$ ) entre 5 variables y se observa que la mayoría presenta diferencias altamente significativas ( $P: 0.01$ ), sin embargo, sus valores son bajos, por lo cual deben ser

tomados con reserva. Las variables que más correlacionaron con el rendimiento fueron el aspecto de la planta, aspecto de mazorca y el 1% de mazorca podrida. Con el grado de daño por cogollero, el aspecto de planta tuvo una correlación altamente significativa al 99% de probabilidad.

Los valores de heredabilidad calculados muestran que se puede esperar un progreso sustancial en el incremento de genes que condicionan la herencia en la mayoría de variables estimadas, por efecto de la selección entre las líneas en estudio.

A excepción del porcentaje de mazorca podrida y altura de mazorca, los valores calculados fueron  $H^2 > 60\%$ , con lo que se espera que se transmita de una generación a otra los caracteres en estudio.

## CONCLUSIONES

Se seleccionaron 17 líneas que representan una presión de selección del 15% y el 6% para la variedad experimental.

La media de rendimiento de la fracción de selección superó en 58% la media de la población y el grado de daño por cogollero, que fue 4.8 y disminuyó en un 15%.

Todos los caracteres evaluados fueron altamente significativos y el que más correlacionó con el rendimiento fue el aspecto de planta y mazorca.

Con el grado de daño por cogollero, el aspecto de planta tuvo una correlación altamente significativa al 99% de probabilidades.

Se espera tener una respuesta a la selección realizada, pues los estimados de heredabilidad muestran que se puede tener un progreso sustancial en el incremento de genes que condicionan la herencia de la mayoría de los caracteres en estudio.

#### BIBLIOGRAFIA

ZEA J.L. et al .1989.  
Efecto de la selección recurrente por sequía sobre el rendimiento y características agronómicas de líneas S de maíz (Zea mays) evaluadas en 3 ambientes de Centro América.  
Proyectos Colaborativos en Agronomía, Desarrollo y Mejoramiento de Germoplasma en Maíz. 135 - 156 pp.

MIHM J. 1984. Técnicas eficientes para la crianza masiva e infestación de insectos en la selección de las plantas hospedantes para resistencia al gusano cogollero, Spodoptera frugiperda. CIMMYT, México.



CUADRO 1. ESTADISTICOS COMBINADOS DE LA EVALUACION DE 110 LINEAS S4 DE COGOLLERO, EN LAS LOCALIDADES DE SANTA CRUZ PORRILLO Y COOPERATIVA ASTORIA, EL SALVADOR, 1990

Variables	F	$\bar{x}$	CV %
Rendimiento	**	2183	34.5
Grado de cogollero	**	4.8	38.0
Pudrición de mazorca	**	20.8	76.7
Alt. Mazorca	**	79	42.5
ASP. Mazorca	**	3.5	14.5
ASP. Planta	**	3.3	14.8
Días Flor M.	**	52	3.9
Días Flor F.	**	54	3.8

CUADRO 2. RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 18 LINEAS SELECCIONADAS DE COGOLLERO EVALUADAS EN SANTA CRUZ PORRILLO Y COOPERATIVA ASTORIA, EL SALVADOR, 1990

Linea	Rend. kg/ha	Grado Cogollero (0-9)	Pudric. Mazorca %	Altura Mazorca (cm.)	Día Flor		Aspecto Planta (1-5)	Aspecto Mazorca (1-5)
					M	F		
17	3305	3.6	9.6	76	53	53	3	2.9
29	2364	3.6	10.3	85	52	54	3.1	3.4
38	2385	2.5	11.1	84	51	51	2.7	2.7
43	2451	3.1	14.5	73	50	54	3	2.9
51	4870	4.3	4.1	86	49	51	2.2	1.6
69	3303	4.0	16.3	88	52	55	2.7	3
74	2831	3.6	6.5	85	52	53	3.2	2.4
75	2949	4.8	18.2	73	52	53	2.6	2.9
77	4753	4.0	12.8	86	51	52	2.6	2.4
82	2947	3.8	15.2	93	50	51	2.3	3.1
83	3900	5.1	20.5	70	49	50	2.8	2.9
84	4628	5.0	9.4	96	49	50	2.6	2.4
85	3503	4.5	13.3	71	49	50	2.7	3
91	3756	4.0	11.1	90	53	55	3	3
92	2959	4.1	6.0	95	53	56	2.7	2.9
99	5023	5.1	19.0	92	53	55	2.5	2.7
100	2011	4.3	19.8	80	50	53	3.3	3.2
$\bar{x}$	3467	4.1	12.8	83	51	53	2.7	2.7
$\bar{x}$ pob.	2183	4.8	20.8	79	52	54	3.3	3.5

CUADRO 3. RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LINEAS S4 DE COGOLLORERO SELECCIONADAS PARA LA VARIEDAD EXPERIMENTAL, EVALUADAS EN LAS LOCALIDADES DE SANTA CRUZ PORRILLO Y COOPERATIVA ASTORIA. EL SALVADOR, 1990.

Linea	Rend. kg/ha	Dif. * Sel. (%)	Grado Cogollero (0-9)	Pudric. Mazorca %	Altura Mazorca (cm.)	Dia Flor		Aspecto Planta (1-5)	Aspecto Mazorca (1-5)
						M	F		
17	3305		3.6	9.6	76	53	53	3	2.9
38	2385		2.5	11.1	84	51	51	2.7	2.7
51	4870		4.3	4.1	86	49	51	2.2	1.6
77	4753		4.0	12.8	86	51	52	2.6	2.4
85	3503		4.5	13.3	71	49	50	2.7	3.0
91	3756		4.0	11.1	90	53	55	3.0	3.0
92	2959		4.1	6.0	95	53	56	2.7	2.9
$\bar{X}$ VE	3647	167	3.9	9.7	84	51	52	2.7	2.6
$\bar{X}$ L.S	3467	158	4.1	12.8	83	51	53	2.7	2.7
$\bar{X}$ Pob	2183	100	4.8	20.8	79	52	54	3.3	3.5

\* Dif. Sel. = Diferencia de Selección

CUADRO 4. CORRELACION (r) DE VARIABLES DEL ENSAYO DE EVALUACION DE LINEAS S4 DE COGOLLERO EN DOS AMBIENTES DE EL SALVADOR, 1990.

Variable	Aspecto Planta	Aspecto Mazorca	Altura Mazorca	% Mazorca Podrida	Grado de Daño	Rendimiento
Rendimiento	-0.54 **	-0.65 **	0.15 **	-0.24 **	0.07 n.s.	-----
Grado de daño	0.16 **	-0.03 n.s.	0.12 n.s.	-0.06 n.s.	-----	-----
% Mazorca Podrida	0.21 **	0.54 **	-0.06 n.s.	-----		
Altura de Mazorca	-0.14 **	-0.09 n.s.	-----			
Aspecto de Mazorca	0.42 **	-----				

\* (P:0.05) \*\* (P:0.01)

CUADRO 5. HEREDABILIDAD ( $\lambda$ ) EN SENTIDO AMPLIO (H2) PARA 6 VARIABLES EN DOS AMBIENTES DE EVALUACION DE LINEAS DE COGOLLERO S4. EL SALVADOR, 1990.

Variables	H 2	$\bar{X}$
Rendimiento	86	2183
Porcentaje mazorca podrida	40	20.8
Altura de mazorca	43	78.8
Aspecto de mazorca	78	3.5
Aspecto de planta	63	3.3
Flor femenina	79	54
Flor masculina	65	52

## SELECCION DE LINEAS POR SU RENDIMIENTO Y ADAPTACION EN BASE A UN PATRON HETEROTICO CONOCIDO

M. Sierra M, F. A. Rodríguez, R. A. CASTILLO<sup>1</sup> ;  
R. Preciado<sup>2</sup>

### RESUMEN

Con la finalidad de identificar líneas sobresalientes y de buena aptitud combinatoria específica (ACE), se evaluó un grupo de líneas con diferente nivel de endogamia utilizando como probadores las líneas T11 y T12 que forman el híbrido de maíz H-511, patron heterótico conocido para el trópico húmedo de México. Los mestizos fueron formados durante primavera-verano de 1987 en tres tipos de ensayos: uno con los mestizos con T11, otro con los mestizos con T12 y la evaluación per-se de las líneas sin repeticiones, utilizando la cruza simple T11 x T12 como testigo sistematizado para los mestizos y para las líneas per-se se usó la línea T3 que es la más rendidora de las líneas tropicales. Se encontró que dos grupos de mestizos (con T11 y T12) superaron a la cruza T11 x T12.

Estos mestizos tienen la ventaja de que las líneas experimentales que intervienen como hembra registraron

un rendimiento superior o igual al de la línea T3 utilizada como testigo, también tienen la ventaja de que son más precoces y con menor altura de planta y mazorca se puede concluir que se formaron dos grupos heteróticos importantes en los que se espera encontrar mejores combinaciones híbridas.

### INTRODUCCION

En la red de maíz del Campo Experimental Cotaxtla, en el estado de Veracruz, México, existen un gran número de líneas con diferente nivel de endogamia, buen potencial de rendimiento y amplia adaptación, sin embargo, es necesario discriminar líneas en base a su buena aptitud combinatoria específica (ACE). Existe información que sugiere la utilización de progenitores de híbridos comerciales para selección de líneas por ACE. Para el trópico de México el mejor híbrido ha sido el H-511 cuyos progenitores son las líneas T11 y T12 que pese a su excelente respuesta

---

<sup>1</sup> Fitomejoradores. Red de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), México.

<sup>2</sup> Fitomejorador. Red de Maíz, actualmente becario en la Universidad de Nebraska, USA.

heterótica, presentan serios problemas para su incremento y reproducción de la semilla. Al cruzar este grupo de líneas superiores con las líneas T11 y T12 como probadores se espera llegar a agrupar estas líneas que combinen bien con cada una de estas dos líneas básicas y de esta forma dirigir posteriormente los cruzamientos. Los objetivos del presente trabajo fueron agrupar las líneas superiores del programa de maíz de la zona sur con base en un patrón heterótico conocido.

#### REVISION DE LITERATURA

Hallauer y López (1979), realizaron un amplio estudio donde compararon cinco probadores con un grupo de 50 líneas S1 y con otro grupo de 50 líneas S8 desarrollados a partir de la población Iowa Stiff Stalk Synthetic (BSSS), encontraron que el mejor probador en las cruces de prueba con líneas S1 fue M017, el cual no está emparentado con dichas líneas. En las líneas S8 el mejor probador resultó ser BSSS, seguido por BSSS-222 los cuales se desarrollaron de la misma población que las líneas S8.

Fehr (1982), indicó la conveniencia de utilizar como probadores, en una primera evaluación de Aptitud Combinatoria, a los progenitores de híbridos comerciales para discriminar líneas y seleccionar la mejores. De esta forma, se pueden utilizar otros probadores para seleccionar líneas hasta llegar a

un grupo pequeño de líneas superiores y poder formar todas sus combinaciones posibles.

Jenkins (1978), mencionó que una de las contribuciones para los primeros éxitos del maíz híbrido en la faja maicera fue la introducción de la variedad Lancaster Sure Crop. ya que al cruzar líneas endogámicas provenientes de esta variedad con líneas endogámicas de textura dentada de la faja maicera han formado numerosos híbridos por más de 40 años; en la actualidad algunas de estas combinaciones son utilizadas ampliamente.

Wellhausen (1978), sugirió utilizar en el trópico, el patrón heterótico natural que existe entre los complejos germoplásmicos cristalinos y dentados.

Covarrubias (1960), Barrientos (1962) y Castro (1964) apoyan con sus trabajos de investigación el concepto de patrón heterótico atribuido a la diversidad genética de los progenitores utilizados.

#### MATERIALES Y METODOS

Durante el ciclo de riego de 1987 en los Campos Agrícolas Experimentales Ebano y Cotaxtla se establecieron dos lotes aislados para formar las cruces de prueba con las líneas básicas T11 y T12, respectivamente.

En dichos lotes aislados participaron como hembras las líneas experimentales (deses-

pigadas) y como machos la línea T11 en Eban, y la línea T12 en Cotaxtla, con una relación de dos hembras por un macho.

El grupo de líneas experimentales fue de 692 líneas de tres a cinco autofecundaciones. En el Cuadro 1, se presenta la relación de la fuente de germoplasma de donde provienen.

Para su evaluación en temporal de 1987 se prepararon tres tipos de ensayos: con las cruzas por T11, las cruzas por T12 y las líneas per-se, sin repeticiones, utilizando la crusa simple T11 x T12 como testigo sistematizado en los mestizos; y en las líneas per-se utilizó la línea básica T3 que es la más rendidora de las líneas tropicales.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Debido a la gran diversidad genética de las fuentes de germoplasma utilizado para formar los mestizos con los dos probadores T11 y T12, no fue posible obtener el 100% de las cruzas programadas, a pesar de tener fechas de siembra escalonadas para los probadores (macho), el número de cruzas de prueba programadas indican que el mayor número de mestizos se logró con líneas provenientes de Tuxpeño Crema 1 (44).

En el Cuadro 2, se presenta el rendimiento y las características agronómicas de los 20 mejores mestizos con la línea T11; estos

materiales tienen la ventaja de que las líneas experimentales que intervienen como hembra tuvieron un rendimiento superior o igual al de la línea T3 utilizada como testigo.

Se puede observar en el mismo cuadro que todos los mestizos que se presentan superaron a la media de rendimiento, tienden a ser más precoces y menos altos que el testigo sistematizado.

En el mismo Cuadro 2, se puede observar que las poblaciones que intervienen como fuente de germoplasma en los mejores mestizos con T11 fueron: Tuxpeño Crema 1 (Pob.21), STD, TTC, Tuxpeño Caribe (Pob.29), Eto Blanco (Pob.32), mezcla tropical blanca (Pob.22) y Blanco Cristalino 3 (Pob.25).

En el Cuadro 3, se presenta el rendimiento y las características agronómicas de los 20 mejores mestizos con la línea T12. Además del buen rendimiento de los mestizos, se tomó en cuenta el rendimiento per-se de las líneas experimentales que los formaron, el cual debía ser igual o superior al de la línea T3, utilizada como testigo.

Por otro lado, en el mismo Cuadro 3, se pueden observar rendimientos de mestizos muy superiores a la media del testigo T11 x T12. Respecto a altura de planta, todos los mestizos mostraron un porte de planta menor que el testigo, con excepción del mestizo más rendidor.

En cuanto a las fuentes de germoplasma utilizadas (Cuadro 3), las poblaciones que intervienen en los mejores mestizos fueron: Pool 24, la Posta (Pob.43), Blanco Cristalino 1 (Pool 23), Tuxpeño Crema 1 (Pob.21), TTC, STD, Eto Blanco (Pob.23) y Blanco Cristalino 3 (Pob.25).

Con la información anterior se pueden dirigir los cruzamientos de las mejores líneas que intervinieron en cada cruce de prueba con el objetivo de reconstruir el patrón heterótico. Por ejemplo, se espera que el rendimiento de la cruce Pool 24 C20 MH 366-4-3-1 x AC 7421 39-2-1-2 sea igual o mejor que el de T11 x T12 con la ventaja de que el rendimiento y características agronómicas de las líneas per-se superen en gran medida a las líneas T11 y T12, lo cual facilitaría la producción de semilla para comercializarse como cruce simple para el tipo de productores de capital ilimitado.

Si bien la muestra de líneas por población no fue balanceada ésta fue representativa y una vez incorporada la información de cruces predichas, se estará en posibilidades de definir contrapartes de poblaciones con base en el patrón heterótico de T11 y T12.

### CONCLUSIONES

Con base en la información presentada de la localidad de Cotaxtla, las conclusiones preliminares son las

siguientes:

Existen líneas de alto rendimiento y características agronómicas deseables que al ser cruzadas con las líneas básicas T11 y T12 manifiestan mejores rendimientos que la cruce T11 y T12.

Las líneas experimentales provenientes de las fuentes Tuxpeño Crema 1, STD, TTC, Tuxpeño Caribe, Eto Blanco, Mezcla Tropical Blanca y Blanco Cristalino 3, presentaron un alto potencial de rendimiento al ser cruzadas con T11.

Las líneas experimentales provenientes de las fuentes Pool 24, la Posta, Blanco Cristalino 1, Tuxpeño Crema 1, TTC, STD, Eto Blanco y Blanco Cristalino 3, mostraron un alto potencial de rendimiento al ser cruzadas con T12.

### BIBLIOGRAFIA

**BARRIENTOS, P.F. 1962.**  
Aprovechamiento de cruces Intervarietales en el programa de mejoramiento de maíz en la masa central. Tesis MC. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados. 60 p.

**CASTRO, G.M. 1964.**  
Rendimiento y heterosis de cruces intervarietales en México. Tesis MC. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Posgraduados, 61 p.

**COVARRUBIAS, C.R. 1960.**  
Cruces intervarietales, una

gran posibilidad para los programas de mejoramiento de maíz en latinoamerica. Managua, Nicaragua. Informe de la VI Reunión Centroamericana del PCCMCA, pp 11-14.

**FERH, R.W. 1982.**

Applied plant breeding. Ames Iowa State University Pree. p. 552.

**HALLAUER, A.R. AND E.**

**LÓPEZ-PEREZ. 1979.**

Comparison among testers for evaluating lines of corn. 34th. Proc. Annual C o r n Sorghum Research Conference.

**JENKINS, T.M. 1978.**

Maize breeding during the development and early years of hybrid maize In: maize breeding and genetics D.B. Walden. N.Y. John wiley and sons. p. 13-28.

**WELLHAUSEN, E.J. 1978.**

Recent development in maize breeding in the tropics In: maize breeding and genetics. D.B. Walden. Ed. wiley N.Y. p. 59-84.



CUADRO 1. RELACION DE LINEAS EXPERIMENTALES Y CRUZAS LOGRADAS CON LOS  
 PRBADORES T11 Y T12 AGRUPADAS POR FUENTES DE GERMOPLASMA.  
 CECOT. CIFAP-VER. INIFAP. SARH. 1987 A.

Germoplasma	Nivel Autofecundación	No. de Líneas	Cruzas logradas por T11 y T12
Tuxpeño crema 1	3, 4 y 5	137	44
Mezcla tropical blanca	4	37	8
Blanco cristalino 1	4	43	11
Antigua x Ver 181	4 y 5	13	-
Blanco cristalino	4 y 5	60	13
Tuxpeño caribe	4 y 5	27	8
Blanco cristalino 2	4 y 5	12	2
Eto blanco	4 y 5	49	11
La posta	4	27	7
Pool 19	4	21	2
Pool 15	5	9	-
Pool 20	4	23	3
Pool 23	4	65	-
Pool 24	4	52	11
Amarillo dentado	3	15	2
BCP	3 y 5	26	1
STD	3 y 5	34	16
TTC	3 y 5	25	10
PET	3 y 5	8	4
Cogollero	5	3	-
VC-521	5	2	1
V-524	5	3	-
H-535	4	1	1

CUADRO 2. RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS 20 MEJORES HESTIZOS CON EL PROBADOR T11. SARH. INIFAP. CIFAP-VER. CECOT. 1987 B.

No. de orden	Genealogía	Rendimiento kg/ha	Días a Flor.	Altura de Planta
1	AC 7421 39-2-1-2 x T11	7900	58	222
2	AC 7421 12-3-2-3 x T11	7770	58	241
3	AC 7421 16-1-1-1 x T11	7742	58	235
4	STD 2 46-1-1-4 x T11	7344	62	205
5	TTC 2 206-2-1-1 x T11	6929	64	246
6	AC 7721 14-1-1-1 x T11	6782	58	206
7	Pob. 21 C5 HC 28-1-1-1 x T11	6756	58	231
8	AC 7929 17-6-1-1 x T11	6744	60	201
9	AC 7421 23-2-1-1 x T11	6466	55	191
10	AC 7421 23-2-1-3 x T11	6266	60	206
11	Pob. 21 C5 HC 36-1-1-1-1-1 x T11	6200	63	213
12	Pob. 21 C5 HC 28-1-3-3 x T11	6152	57	210
13	Pob. 32 C5 HC 9-2-2-1 x T11	6148	58	213
14	Pob. 21 C5 HC 25-1-1-4 x T11	6096	60	255
15	AC 7421 46-2-1-2 x T11	6080	60	237
16	Pob. 22 TSR S2 85#-3#-1 x T11	6068	60	209
17	AC 7421 9-3-2-2 x T11	6030	60	261
18	VS-521 13-1-2-1-1-1-1 x T11	6024	57	205
19	Pob. 25 C0 HC 174-1-1-1 x T11	6008	59	217
20	Pob. 21 C5 HC 128-3-1-1 x T11	5992	59	193
	T11 x T12	5867	63	267

CUADRO 3. RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS 20 MEJORES MESTIZOS CON EL PROBADOR T12. SARH. INIFAP. CIFAP-VER. CECOT. 1987 B.

No. de orden	Genealogía	Rendimiento kg/ha	Días a Flor.	Altura de Planta
1	Pool 24 C20 MH 366-4-3-1 x T12	9040	59	260
2	Pob. 21 C5 HC 163-1-1-2-1-1 x T12	7994	61	195
3	Pool 24 C20 MH 58-2-2-1 x T12	7680	60	255
4	Pob 32 C4 HC 20-3-2-2-1-1 x T12	7594	60	232
5	Pob 32 C5 HC 230-2-1-2 x T12	7552	60	228
6	Pob 21 C5 HC 12-2-3-3 x T12	6878	61	219
7	TTC 86-1-1-2 x T12	6738	60	185
8	Pob 43 C6 HC 133-1-5-2-1 x T12	6718	58	238
9	P24 C20 MH 640-1-1-3 x T12	6668	58	220
10	Pob 21 TSR S2 14#-1#-2 x T12	6622	59	195
11	Pob 21 C5 HC 160-1-3-3-3-1 x T12	6474	57	207
12	P23 TSR 40-2-3-1 x T12	6434	57	216
13	STD 1 33-3-2-1-1-1- x T12	6380	60	245
14	Pob 21 C5 HC 28-1-3-3- x T12	6340	59	190
15	Pob 21 TSR S2 5#-2#-1 x T12	6318	61	219
16	AC 7421 16-1-1-3 x T12	6276	58	199
17	P24 C20 MH 58-3-1-1 x T12	6246	60	238
18	Pob 21 C5 HC 197-1-4-1-1 x T12	6222	60	213
19	Pob 25 C0 HC 111-3-1-1- x T12	6210	60	212
20	Pob 21 C5 HC 229-3-1-2-2-1 x T12	6206	61	220
	T11 x T12	6030	64	247

# SELECCION EN CRUZAS INTERRACIALES TROPICALES DE MAIZ DE MEXICO PARA ADAPTACION A VALLES ALTOS <sup>1</sup>

A. A. Navas <sup>2</sup> ; T. Cervantes <sup>3</sup>

## RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la respuesta a la selección para adaptación a Valles Altos, de cinco generaciones de cruzas de razas tropicales de maíz de México con altitud de distribución de 0-700 msnm. Para tal efecto se sembró en Montecillo, México (localidad de Valles Altos) un experimento con cuatro generaciones de 22 cruzas interracial tropicales, nueve razas progenitoras y cuatro poblaciones locales como testigos. Además de rendimiento de grano por tallo (RG), se estudiaron 15 caracteres considerados algunos como componentes de rendimiento, y otros de interés agronómico para adaptación.

La selección para adaptación a Valles Altos en las cruzas interracial tropicales de maíz fue efectiva para incrementar el rendimiento de grano por tallo

(RG), lográndose en cinco ciclos una respuesta promedio de 18.0% por ciclo de selección. En el mismo sentido del rendimiento aunque con incrementos más bajos se modificó el número de mazorcas por tallo, longitud, diámetro y porcentaje de grano de la mazorca, volumen y peso de cien semillas; altura de planta y mazorca presentaron respuestas agronómicamente indeseables, en tanto que, días a floración masculina, coincidencia de floración y sanidad de planta mejoraron con la selección.

Se identificaron seis cruzas en F8 que igualaron en rendimiento y en otros caracteres al mejor testigo local Huamantla (raza cónico). De acuerdo a los progenitores que intervinieron en estas cruzas, se deduce que la raza Tuxpeño tuvo mayor contribución de

---

<sup>1</sup> Resumen del Trabajo de investigación con el cual el primer autor obtuvo el título de M.C. especialista en Genética. Colegio de Postgraduados Montecillo, México. julio/90.

<sup>2</sup> Investigador. Grupo multidisciplinario de maíz. Instituto Colombiano Agropecuario. Apdo Aéreo 206, Montería. Colombia.

<sup>3</sup> Profesor investigador titular. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados, CP 56230, Chapingo, Edo. México, México.

genes de rendimiento y Vandéño de genes de adaptación en tanto que Tepecintle tuvo una contribución muy pobre en la respuesta de la selección.

## INTRODUCCION

Una alternativa para ampliar la variabilidad del plasma germinal en los programas de mejoramiento genético, que les permita lograr las metas que impone la tecnología moderna a las nuevas variedades mejoradas, es la introducción de material genético de otras localidades o exótico, Goodman (1965).

Como el plasma germinal exótico, generalmente presenta problemas de desadaptación, consistentes en alta susceptibilidad a enfermedades, alteración del ciclo vegetativo y disminución considerable del rendimiento, no se utiliza per-se; es común que primero se cruce con el local y luego se someta a selección, con la consiguiente pérdida de genes exóticos o la reducción de sus frecuencias por la predominancia de los genes locales. La selección para adaptación del material exótico antes de ser cruzado con el local, puede ser la mejor opción para aumentar las frecuencias de los genes favorables, para que posteriormente coaccione con el plasma germinal local.

## REVISION DE LITERATURA

El presente trabajo es una continuación del iniciado

en 1982 por Cervantes y Castillo (1985), bajo la hipótesis de que el patrimonio genético de las poblaciones ancestrales, al pasar por diferentes altitudes en su proceso evolutivo, ganaron adaptación que luego se dispersaron en distintos nichos ecológicos; tales genes podrían reunirse cruzando poblaciones de diferente origen y seleccionando segregantes fuera de su ambiente de distribución adaptativa, hasta obtener genotipos más estables en altitud.

La dispersión de las poblaciones ocasionó mayor amplitud en la variabilidad genética del maíz en México, que según Wellhausen et al. (1951), es el producto de la contribución a través de cruzamientos de las razas primitivas que aún existen como variedades de uso comercial, de la influencia de variedades exóticas de América del Sur, del cruzamiento natural del maíz con el Teocintle y la geografía de México que favoreció la rápida diferenciación.

Posterior a la descripción de las 25 razas de maíz, se evaluaron cruza F1 interraciales con fines de obtener heterosis para generar híbridos de alto rendimiento. Bucio (1954) en Jaloxtoc, Mor., encontró que maíz dulce presentó heterosis con todas las razas, Harinoso de Ocho sólo con el 30% y el resto de las razas por los menos con el 50%; Barrientos (1962) en Chapingo, México, encontró que las mejores cruza fueron Cónico x Celaya, Chalqueño x

Cónico Norteño, Tuxpeño y Olotillo; Castro (1964) en Chapingo, Méx. encontró que las mejores cruzas fueron entre razas de zonas altas por razas intermedias o bajas.

Con fines de selección para rendimiento y adaptación de cruzas de material exótico por local, Troyer y Brown (1972), obtuvieron poblaciones adaptadas a la faja maicera de EE.UU. después de 10 años de recombinación de cruzas de razas mexicanas con líneas locales; Mayorquín (1979) en Valles Altos encontró que la dosis de 25% de la raza Tuxpeño sobre la raza Cónico fue la de mayor rendimiento; Marandu (1985) obtuvo efectividad en la selección para adaptación a la faja maicera de EE.UU. de poblaciones semi-exóticas.

Para iniciar un proceso de selección para adaptación a Valles Altos de cruzas entre plasma germinal exótico, Cervantes y Castillo (1985), evaluaron las cruzas F2 interraciales tropicales, encontrando como buenas combinaciones las de Tuxpeño con Nal-Tel y Jala, y Tehua con Olotillo; las razas con peor comportamiento en sus cruzas fueron Zapalote Chico, Zapalote Grande, Nal-Tel, Chapalote, Reventador, Blandito, Bofo y Vandeño; la mejor fue Comiteco, seguida por Tehua, Jala, Tablilla de Ocho, Pepitilla y Tuxpeño, siendo esta última la de más baja altitud de distribución de este grupo y con mejor expresión en sus cruzas.

Hallauer y Miranda (1981) citan como ganancias máximas para rendimiento por ciclo, la de 19.1% en selección masal de un compuesto de razas mexicanas y de 13.6% en selección modificada de mazorca por surco en la variedad Paulista Dentado.

## MATERIALES Y METODOS

### Obtención del material genético

A partir de 1978, se obtuvieron las cruzas directas posibles entre las razas tropicales de maíz de México con altitud de distribución de 0 a 700 msnm Wellhausen et al. (1951), mediante el cruzamiento en Tepalcingo, Mor., de dos colecciones representativas de una raza con las dos de la otra. Las cruzas de la generación F2 obtenidas por cruzamientos fraternales de F1, se evaluaron experimentalmente en Montecillo, Méx. (2240 msnm) en 1982 (Cervantes y Castillo, 1985). De acuerdo a estos resultados, se seleccionó la cruz de mayor rendimiento del subgrupo de cruzas de cada par de razas.

Las cruzas seleccionadas se sometieron a selección a partir de la generación F2 en Chapingo, posteriormente en Montecillo, Méx. La selección se efectuó en poblaciones generalmente de tamaño pequeño (3 a 4 surcos de 7 a 10 m de longitud), con densidades de población a la cosecha de 63126, 84168 y 126126 plantas/ha de F2 a F5, en F6, y en F7 y F8, respectivamente: en F7 y F8 la densidad hasta

los 40 días después de la siembra fue de 378378 y 504504 plantas/ha respectivamente, momento en que se aclaró a una planta por mata, eliminando las plantas más pequeñas, con menor diámetro de tallo y mayor incidencia de enfermedades.

La polinización desde F2 se realizó por cruzamientos fraternales con mezcla de polen, sólo entre plantas sanas, de buen aspecto y con buen tamaño de jilote. La selección a la cosecha fue por apreciación visual del rendimiento, precocidad, sanidad y aspecto de mazorca, con presiones de selección que variaron entre cruza y generaciones; se seleccionaron de 2 a 28 mazorcas por parcela, en número mayor en las generaciones más avanzadas. A través de las generaciones se eliminaron algunas cruza por no tener semilla suficiente para la siembra del ciclo siguiente, llegando a F8 únicamente 22 cruza de las 36 iniciales en F2.

### **Evaluación**

En un experimento establecido el 21 de abril de 1989 en Montecillo, Méx., se evaluaron las generaciones F3, F5, F7 y F8 (con algunas excepciones) de las 22 cruza que llegaron a esta última generación, así como ocho progenitores y cuatro testigos locales (Cuadro 1). El diseño experimental fue bloques completamente al azar con ocho repeticiones, parcela de 1 surco de 1.75 m de longitud con ocho matas a 0.25 m de separación, una

planta por mata y distancia entre surcos de 0.80 m.

Los caracteres medidos fueron: rendimiento de grano (RG), determinado en gramos de grano por tallo, dividiendo el peso del grano seco y limpio de la parcela entre el número total de tallos de ésta. Rendimiento potencial de grano (RPG), determinado en forma similar a RG, en relación al número de tallos productivos. Número de mazorcas por tallo (NMZT), obtenido del total de mazorcas entre total tallos productivos por parcela. Longitud de mazorca (LMZ), obtenido en cm por mazorca, del promedio de todas las mazorcas bien formadas de la parcela. Diámetro de mazorca (DMZ), obtenido en forma similar a LMZ, midiendo las mismas mazorcas en su mayor diámetro. Porcentaje de grano (PDG), correspondiente al peso bruto del grano (con impurezas) en relación al peso de mazorca por parcela. Volúmen de cien semillas (VCS), medido en  $\text{cm}^3$  por el desplazamiento de agua en una probeta. Peso de cien semillas (PCS), en gramos con aproximación a centésimos. Densidad de grano (DGR), relación PCS/VCS. Altura de planta (APL), en cm desde el suelo hasta la base de la panícula de una planta de altura promedio, seleccionada visualmente. Altura de mazorca (AMZ), en cm del suelo al entrenudo de inserción de la mazorca superior, de la misma planta en que se midió APL. Días a floración masculina (DFM), desde la siembra hasta que el 50% de

las plantas de la parcela estuvieron en anthesis. Coincidencia de floración (COINF), diferencia entre días a floración femenina y masculina. Sanidad (SAN) de planta durante el llenado de grano, en la escala arbitraria de 1 a 5 (1 muy sana, 5 muy enferma), sin diferenciar enfermedades fungosas, bacterianas y virales. Longitud de panícula (LP), medida en cm desde la primera ramificación al ápice, en una planta promedio seleccionada visualmente. Número de ramificaciones primarias de la panícula (NRP) contados en la misma planta donde se midió (LP).

La información por parcela de cada uno de los caracteres se sometió a análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM de SAS (SAS, 1985), y las pruebas de F correspondientes se efectuaron al 0.01 y 0.05 de probabilidad. En RG y RGP se efectuó la comparación de medias con la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad, para grupos (cruzas, progenitores y testigos), generaciones (F3, F5, F7 y F8) y cruzas en F3 y en F8.

Para cada carácter, craza y promedio de cruzas (excluyendo las generaciones diferentes a F3, F5, F7 y F8), se efectuó un análisis de regresión lineal simple del promedio por ciclo del carácter sobre las generaciones de selección evaluadas (Cuadro 1). La significancia de los coefi-

cientes de regresión (bi) se determinó con la prueba de t al 0.05 y 0.01 de probabilidad. Se obtuvieron los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) para el análisis del ajuste del modelo.

Se calculó la respuesta a la selección (R) de acuerdo con Falconer (1989), mediante la relación del coeficiente de regresión (bi) entre el promedio observando en F3, por ser ésta la primera generación evaluada. Para rendimiento de grano se obtuvieron las medias observada en F3 y F8 y las medias de los coeficientes de regresión, de las razas a través de las cruzas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis de varianza para los caracteres rendimiento de grano (RG) y rendimiento potencial de grano (RPG), con grados de libertad, cuadrados medios y nivel de significancia de la prueba de F, se presentan en el Cuadro 2. En estos análisis hubo diferencias significativas al menos al 0.05 de probabilidad en la prueba de F, en todos los caracteres en estudio de la fuente de variación tratamientos, así como en su partición correspondiente a material seleccionado (Cruzas y Generaciones/Cruzas), y no se obtuvieron diferencias significativas en los siguientes caracteres y particiones: sanidad (SAN) en progenitores; número de mazorcas por tallo (NMZT), longitud de mazorca (LMZ), densidad de grano (DGR),



altura de mazorca (AMZ), número de ramificaciones primarias de la panícula (NRP) y coincidencia de floración (COINF) en testigos; longitud de panícula (LP) en grupos.

Los resultados anteriores señalan que existió variación entre las cruzas interraciales tropicales en todos los caracteres, y que la expresión de estos cambió de una generación a la siguiente.

La comparación de medias del rendimiento de grano (RG) de cruzas, progenitores y testigos con la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad (Cuadro 3), indica que los testigos fueron superiores a las cruzas en generación F3 y a los progenitores, y que ambas, cruzas y progenitores fueron iguales estadísticamente, pero numéricamente las cruzas superaron a los progenitores; en cambio, las cruzas en generación F8 igualaron estadísticamente a los testigos, y numéricamente los superaron.

Estos resultados muestran que por efecto de cinco ciclos de selección en las cruzas (F3 a F8), el rendimiento de grano se incrementó en promedio de 53.8 a 99.8 g/tallo. Según el Cuadro 4, este incremento siempre fue positivo y significativo estadísticamente, al menos para las generaciones evaluadas (F3, F5, F7, F8). El incremento promedio del rendimiento, que correspondió a una respuesta de 18.0% por ciclo de selección, es alto

comparado con el comúnmente logrado por otros investigadores en poblaciones adaptadas, Hallauer y Miranda (1981).

Los cambios en el rendimiento potencial de grano (RPG) tuvieron las mismas tendencias que en RG, en las medias de Grupos, Generaciones y Cruzas (Cuadros 3 y 4). Sin embargo, los valores del RPG fueron más altos, lo cual indica que una forma de obtener incrementos adicionales en rendimiento de grano sería mediante el aumento del porcentaje de plantas o tallos con mazorca (productivas) en la población.

Los resultados del análisis de regresión lineal simple del rendimiento de grano (RG) sobre generaciones de selección de cada cruz y del promedio de cruzas, tales como los coeficientes de regresión ( $b_i$ ), de determinación ( $r^2$ ) y valores predichos F3 y F8, así como la respuesta a la selección (R) con respecto a la media en F3 se presentan en el Cuadro 5; adicionalmente se muestran las medias observadas F3 y F8 y la prueba de comparación de medias de Tukey para esta última generación. En el Cuadro 6, se presentan el intervalo y valor promedio de los  $b_i$  para todos los caracteres en estudio, así como el número de cruz correspondiente.

El rendimiento de grano (RG), 14 de las 22 cruzas tuvieron coeficiente  $b_i$  significativo al menos al 0.10 de probabilidad y el

coeficiente  $r^2$  correspondiente fue alto, superior a 0.88; las cruzas con coeficientes no significativos tuvieron un valor  $r^2$  inferior al valor anterior, siendo el más bajo el de la craza C9 (0.20), cuyo valor bi también fue el más bajo (1.9 g/tallo). Todas las cruzas tuvieron coeficiente de regresión positivos en el intervalo de 1.9 a 22.7 g/tallo por ciclo. A pesar de la falta de significancia de algunos coeficientes bi en la mayoría de las cruzas la selección fue efectiva, con respuesta de tipo lineal (por sus valores altos en  $r^2$ ). Es decir, mediante la selección siempre se incrementó el rendimiento de grano, de F3 a F8, al menos para las generaciones evaluadas. Sin embargo, no todas las cruzas respondieron en la misma magnitud; la mejor en ganancia por ciclo de selección fue la C18, con 22.7 g/tallo por ciclo, aunque desafortunadamente, ésta (la única) sólo se evaluó en sus generaciones F5, F6, F8; le siguió la craza C17 con 20.6 g/tallo por ciclo de selección, cuyo rendimiento predicho se incrementó de 49.0 a 151.9 g/ tallo de F3 a F8, siendo este último muy superior numéricamente al mejor testigo (Huamantla (T1) con 117.9 g/tallo; estos valores equivalen a 2.45, 7.60 y 5.90 ton/ha de grano en F3, F8 y Huamantla, respectivamente, en una densidad de 50,000 plantas/ha a la cual estuvo sembrado el experimento.

La respuesta por ciclo

de selección en porcentaje (R), calculada como el incremento en rendimiento con relación a la media observada en F3, pues la población original F2 no se incluyó en la evaluación, estuvo en el intervalo de 3.1 a 48.2% en las cruzas C9 y C7, respectivamente. El valor más bajo corresponde las respuestas comúnmente encontradas en procesos de selección efectuadas por otros investigadores y el más alto supera grandemente a los de mayor valor que se han obtenido en maíz, Hallauer y Miranda (1981).

Los resultados de los cambios en los otros caracteres estudiados y no sujetos a selección directa, al menos no con la misma intensidad que rendimiento de grano, se presentan en el Cuadro 6.

Los caracteres número de mazorcas por tallo (NMZT), longitud de mazorca (LMZ), diámetro de mazorca (DMZ), volumen de cien semillas (VCS) y peso de cien semillas presentaron las respuestas más altas a la selección, lo que se interpreta como una relación directa de estos caracteres con rendimiento, pues se les considera como sus componentes y, en el proceso de selección visual algunos de ellos estuvieron involucrados directamente.

En días a floración masculina (DFM), coincidencia de floración (COINF) y sanidad de planta (SAN) los coeficientes de regresión fueron negativos en general, lo que se considera como un

incremento gradual en la adaptación de las cruzas al nuevo nicho; pues aumentó la precocidad y coincidencia, y disminuyendo la incidencia de enfermedades de la planta.

Otros caracteres obtuvieron respuestas de poca magnitud, o de características indeseables agrónomicamente como es el caso de altura de planta y mazorca, que en F8 se obtuvieron plantas más altas, sobre todo en cruzas de rendimiento superior.

Los resultados anteriores señalan que el proceso de selección de la F3 a la F8, produjo cambios positivos y fuertes en rendimiento de grano, que fue el carácter que dió mayor atención en la selección, y cambios de menor magnitud en otros caracteres, principalmente relacionados con éste. Con la selección se logró que las cruzas en su generación F8 estuvieran mejor adaptadas a Montecillo, Méx., localidad de Valles Altos.

Si no hubiera ocurrido la selección entre cruzas, tal vez las respuestas hubieran sido menos espectaculares o negativas en algunas de ellas, aunque las razas tropicales continuaran igualmente representadas en las cruzas como al principio del proceso, pues de las 36 cruzas posibles que se obtuvieron con las nueve razas que intervinieron en las cruzas que se evaluaron, 14 se eliminaron en el proceso de selección. La participación de las razas como progeni-

tores en las cruzas evaluadas fue como sigue: Tuxpeño en 8 cruzas, Chapalote en 7, Olotillo en 6, Tepecintle en 5, Vandéño, Harinoso de Ocho y Nal-tel en 4, Zapalote Grande y Zapalote Chico en 3. Por lo tanto, el hecho que una raza permaneciera durante el proceso de selección debe estar relacionada con su contribución de genes para rendimiento y adaptación a Valles Altos. Con este razonamiento, Tuxpeño es el material más sobresaliente, seguido de otras razas.

La capacidad de Tuxpeño para transmitir genes de rendimiento, se hace tangible al observar que de las seis cruzas en F8 de mayor rendimiento (Cuadro 5), la raza Tuxpeño intervino como progenitor en cinco de ellas, en tanto que Chapalote y Vandéño lo hicieron en dos, Olotillo, Harinoso de Ocho y Zapalote Grande en una.

Las medias de rendimiento de las razas a través de sus cruzas (Aptitud Combinatoria General, aunque su estimación esté desbalanceada por no estar igualmente representadas las razas en todas sus cruzas) y sus cambios a través de las generaciones F3 a F8 se presentan en la Figura 1. Se observa que en F3 Tuxpeño produjo, en promedio de sus cruzas, el rendimiento más alto, pero en F8 fue superado ligeramente por el comportamiento de Vandéño, que en F3 tuvo la media más baja; las cruzas de esta última raza experimentaron el mayor incremento en rendimiento a

través de los cinco ciclos de selección evaluados, le siguieron en orden decreciente de respuesta: Zapalote Grande, Olotillo, Harinoso de Ocho, Tuxpeño, Chapalote, Zapalote Chico, Nal-Tel y Tepecintle. En el promedio de los coeficiente de regresión de las razas a través de sus cruzas (Cuadro 7), que también indica la capacidad de las razas de incrementar el rendimiento de sus cruzas con la selección, se obtuvieron resultados similares a los anteriores, siendo Vandeño el que confirió el mayor incremento promedio por ciclo (14.6 g/tallo) y Tepecintle el menor (6.1 g/tallo).

Por corresponder la aptitud combinatoria general (aunque desbalanceada en este caso) a la expresión de los efectos aditivos que son los que determinan la heredabilidad en sentido estricto, los resultados anteriores permiten suponer que las razas asociadas a un mayor incremento en el rendimiento de las generaciones avanzadas de sus cruzas, como Vandeño, Zapalote Grande, Olotillo y Hanoso de Ocho, contienen genes de adaptación y rendimiento para Valles Altos, que aumentaron su frecuencia como efecto de la selección de una generación a otra; en cambio, Tuxpeño por haber presentado una respuesta de tipo intermedio pero con mayor rendimiento inicial, probablemente contiene mayor proporción de genes de este carácter que de adaptación a Valles Altos. En contraste Tepecintle (el

de menor cambio) probablemente sea el más pobre en ambos.

La mayor capacidad para aportar genes de rendimiento y adaptación a Valles Altos del plasma germinal tropical de maíz, se manifestó con claridad en las combinaciones de razas que dieron lugar a cruzas de rendimiento superior. La combinación de Tuxpeño con Zapalote Grande en la craza C17, que partió de un rendimiento intermedio en la F3, tuvo uno de los incrementos más altos en rendimiento de grano por tallo y, en F8 superó a todas las cruzas, progenitores y testigos (Cuadro 5), debido probablemente a la aportación de genes de rendimiento por parte de Tuxpeño y de adaptación por Zapalote Grande, Una situación similar pudo ocurrir en la combinación de Tuxpeño con Olotillo (C20), de Tuxpeño con Vandeño (C21) y Tuxpeño de Harinoso de Ocho (C19), en las cuales los genes de rendimiento pudieron provenir de Tuxpeño y los de adaptación de los otros progenitores. La combinación de Tuxpeño con Chapalote (C2) puede deberse a los genes de rendimiento de Tuxpeño y a los de adaptación que posiblemente contenga Chapalote por haberlos ganado en su proceso evolutivo al pasar por alguna localidad de altitud similar a la de Valles Altos, pues esta es una raza de bajo rendimiento y debe estar confiriendo genes de adaptación. El comportamiento de la combinación de Vandeño con Chapalote (C6) puede ser el

resultado del patrimonio genético que Vandéño obtuvo de Tuxpeño como padre putativo según Wellhausen et al (1951), y de los genes de adaptación del propio Vandéño y Chapalote. Las líneas de parentesco (con raya punteada) propuesta por Wellhausen et al. (1951), entre progenitores involucrados en la seis cruzas de mayor rendimiento, así como las correspondientes con raya sólida a dichas cruzas como tal, se presentan en la Figura 2.

Si los parentescos propuestos son ciertos, la cruz C17 corresponde a un duplicado de Vandéño con alta respuesta a la selección de Valles Altos. La cruz C20 es una retrocruza de Tuxpeño sobre Olotillo y la C21 es una retrocruza de Vandéño sobre Tuxpeño, en las cuales se está generando parte de endogamia (adicional a la ocasionada por el manejo de poblaciones pequeñas en el proceso de selección), que a su vez posiblemente permitió una mejor conjunción de genes favorables que en condición homocigótica fueron fácilmente seleccionados. De acuerdo a la figura de referencia, es difícil explicar la gran capacidad de transmisión de genes de adaptación de Olotillo; sin embargo, estos posiblemente pudieron provenir de Harinoso Flexible. La baja capacidad de cambio inducida por Tepecintle es mucho más difícil de explicar.

## CONCLUSIONES

De acuerdo al material genético utilizado, localidad y condiciones de la evaluación, se concluye lo siguiente:

1. La selección de generaciones avanzadas de cruzas interraciales tropicales de maíz para adaptación en Montecillo, México (localidad de Valles Altos) fue más efectiva para rendimiento de grano, carácter directamente sujeto a selección, con respuesta promedio de 18.0% por ciclo y de menor magnitud en los otros caracteres. Tales cambios fueron favorables para un mejor ajuste de las poblaciones al ambiente de Valles Altos, con rendimientos satisfactorios excepto en altura de planta y mazorca.
2. Las altas respuestas obtenidas en la selección de poblaciones desadaptadas en Valles Altos, pudo deberse a la elección de las mejores cruzas en F2 dentro de cada grupo de cruzas de cada par de razas, a la eliminación en el proceso de selección de cruzas interraciales con poca capacidad de adaptación y a la presencia de genes relacionados con adaptación y rendimiento al ambiente de selección cuyas frecuencias se incrementaron por la

eliminación de individuos no adaptados.

3. La mayor respuesta a la selección obtenida en algunas cruzas que superaron en rendimiento de grano al mejor de los testigos, aunque estadísticamente iguales, muestra que en las cruzas se conjuntaron genes de rendimiento y adaptación a Valles Altos existentes en ciertas razas tropicales.
4. Al considerar el número de veces que las razas intervinieron en las cruzas de mayor rendimiento, se supone que Tuxpeño tuvo una mayor contribución con genes de rendimiento, Vandeno, Zapalote Grande, Olotillo y Harinoso de Ocho la tuvieron para genes de adaptación a Valles Altos: en cambio, otras razas como Nal-Tel y Tepecintle fueron pobres en ambos aspectos.
5. La contribución de Tuxpeño, Vandeno, Chapalote, Olotillo, Harinoso de Ocho y Zapalote Grande en las cruza de rendimiento superior, posiblemente fue el resultado de los genes de rendimiento y adaptación a Valles Altos que en algún momento de su evolución obtuvieron al pasar por esta región o por un ambiente de altitud similar,

como ha sido postulado en la hipótesis de este trabajo.

6. La cruza de Zapalote Grande x Tuxpeño (C17) que tuvo el mayor incremento en rendimiento por ciclo de selección y que alcanzó el valor más alto en la F8, en cierta forma apoya la propuesta de Wellhausen et al. (1951), en el sentido que la combinación de estas dos razas dió origen a Vandeno que es de alto rendimiento y amplia distribución en la Costa del Pacífico, aunque no es claro como esta raza pudo ganar los genes de adaptación para Valles Altos.
7. La combinación de Nal-Tel con Chapalote (C7) aunque no alcanzó a estar entre las cruzas de mayor rendimiento, presentó respuestas muy altas en la mayoría de los caracteres inclusive rendimiento, debido posiblemente a que al principio de su origen como razas antiguas, Wellhausen et al. (1951), fueron manejadas primeramente por las etnias de Valles Altos y luego se dispersaron hacia sus lugares de actual distribución.
8. Los resultados positivos obtenidos en la selección para adaptación de plasma germinal tropical en Valles

Altos, amplían las posibilidades para el mejoramiento genético, mediante la inclusión de varias fuentes exóticas que se pueden mejorar previamente en pequeñas poblaciones y posteriormente cruzar con el material local.

in adapted and exotic populations of maize. Crop Sci. 5:87-90

#### BIBLIOGRAFIA

**BARRIENTOS P., F. 1961.**

Aprovechamiento de cruzas interraciales en el programa de mejoramiento de maíz en la Mesa Central. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

**BUCIO A., L. 1954.**

Algunas observaciones del comportamiento de las F1 de las cruzas entre razas de maíz descritas en México. Tesis profesional, ENA. México.

**CASTRO G. M. 1964.**

Rendimientos y heterosis con cruzas interraciales de maíz en México. Tesis M.C. Chapingo, México.

**CERVANTES S., T. Y F. CASTILLO G. 1985.**

Comportamiento de cruzas interraciales de maíz de México evaluadas en ambientes contrastados. Revista Chapingo, año X Nos. 47-49, Ene-Sep. pp.52-58, México.

**FALCONER, D.S. 1989.**

Introducción a la genética cuantitativa Ed. CECSA. 2ª Impresión en español. México, D.F.

**GOODMAN, M.M. 1965.**

Estimates of genetic variance

**HALLAUER, A.R. AND J.B. MIRANDA F. 1981.**

Quantitative genetics in maize breeding. The Iowa State University Press. First Edition. 467 p.

**MARANDU W.,Y.F. 1985.**

Evaluation of changes in adaptes (cross) exotic maiza populations improved by adaptive mass selection. Dissertation Abstracts International B (Sciences and Engineering) 45(7):1972 B.

**MAYORQUÍN L.,H. 1979.**

Efecto de dosis de germoplasma Tuxpeño en compuestos de maíz de las razas Conico y Chalqueño. Tesis M.C., Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

**SAS USER'S GUIDE. 1985.**

SAS Institute Statistical Analysis System 5 Edition. Cary N.C. U.S.A. 956 p.

**TROYER, A. F. AND W. L. BROWN. 1972.** Selection for early flowering in corn. Crop Scie. 12:301-304

**WELLHAUSEN, E.J., L.M. ROBERTS y E. HERNÁNDEZ X EN COLABORACIÓN CON P.C.**

**MANGELSDORF. 1951.** Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Folleto Técnico N° 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F.

CUADRO 1. CRUZAS INTERRACIALES (INCLUYENDO NUMERO DE COLECCION REPRESENTATIVA) CON GENERACIONES, PROGENITORES Y TESTIGOS EVALUADOS

No.	Genealogía	Origen	Generaciones evaluadas (F)			
C1	Chapalote (Sin. 2) x Olotillo (Chis. 518)		3	5	7	8
C2	Chapalote (Sin. 2) x Tuxpeño (Oax. 9)		3	5	7	8
C3	Chapalote (Sin. 6) x Harinoso de Ocho (Son. 102)		3	5	7	8
C4	Chapalote (Sin. 6) x Tepecintle (Chis. 76)		3	5	7	8
C5	Chapalote (Sin. 6) x Zapalote Grande (Chis. 236)		3	4	7	8
C6	Chapalote (Sin. 6) x Vandeño (Chis. 30)		3	5	7	8
C7	Nal-Tel (Yuc. 7) x Chapalote (Sin. 6)		3	4	7	8
C8	Nal-Tel (Yuc. 7) x Olotillo (Chis. 518)		3	5	7	8
C9	Nal-Tel (Q. Roo 39) x Tepecintle (Oax. 177)		4	5	7	8
C10	Nal-Tel (Q. Roo 39) x Tuxpeño (Oax. 9)		3	5	7	8
C11	Tepecintle (Chis. 76) x Harinoso de Ocho (Son. 103)		3	5	7	8
C12	Tepecintle (Oax. 177) x Tuxpeño (Oax. 9)		2	4	5	7
C13	Tepecintle (Oax. 177) x Vandeño (Oax. 114)		3	5	6	8
C14	Zapalote Chico (Oax. 50) x Zapalote Grande (Chis. 236)		3	5	7	8
C15	Zapalote Chico (Oax. 50) x Olotillo (Chis. 518)		3	5	7	8
C16	Zapalote Chico (Oax. 50) x Tuxpeño (Tams. 125)		3	6	7	8
C17	Zapalote Grande (Chis. 236) x Tuxpeño (Tams. 125)		3	5	7	8
C18*	Olotillo (Chis. 81) x Harinoso de Ocho (Son. 103)		-	5	6	8
C19	Tuxpeño (Tams. 125) x Harinoso de Ocho (Son. 102)		4	5	7	8
C20	Tuxpeño (Oax. 9) x Olotillo (Chis. 81)		3	5	7	8
C21	Tuxpeño (Oax. 9) x Vandeño (chis. 114)		3	5	7	8
C22	Vandeño (Chis. 114) x Olotillo (Chis. 81)		3	5	7	8
PROGENITORES						
P1	Chapalote (Sin. 6)	IG-82AR 47#				
P2	Chapalote (Sin. 2)	IG-82AR 46#				
P3	Tepecintle (Oax. 177)	COT-81B 265#				
P4	Tuxpeño (Tams. 125)	IG-82AR 31#				
P5	Zapalote Grande (Chis. 236)	COT-81B 253#				
P6	Vandeño (Chis. 30)	IG-82AR-29#				
P7	Harinoso de ocho (Sin. 115)	B-1980R 181#				
P8	Harinoso de ocho (Nay. 38)	ROQ-78R 141#				
TESTIGOS						
T1	Huamantla (Cónico)	CP-86 170#				
T2	V-10 (Hgo. 10 (Cónico))	CP-85 87#				
T3	VS-7 (Hgo. 7 (Chalqueño))	CP-85 85#				
T4	Mex. 208	CP-85 88#				

\* Incluye solo tres generaciones.



CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA CON GRADO DE LIBERTAD (GL), CUADRADOS MEDIOS (CM) Y NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE LA PRUEBA DE F DE LOS CARACTERES RENDIMIENTO DE GRANO (RG) Y RENDIMIENTO POTENCIAL DE GRANO (RPG). MONTECILLO, MEXICO. 1989.

Fuente de variación	G.L	Rendimiento de Granos (RG) C.M.	Rendimiento Potencial de Grano (RPG) C.M.
Repeticiones	7	4336.87	3611.36
Tratamientos	98	6123.28 **	6098.89 **
Material seleccionado	86	5884.25 **	5833.23 **
Cruzas	21	8850.75 **	7545.59 **
Generaciones/Cruzas	65	4925.84 **	5280.01 **
Progenitores	7	1423.51 **	1452.66 **
Testigos	3	5539.27 **	3142.27 **
Grupos	2	33726.97 **	38219.09 **
Error	686	387.60	383.57
Total	791		

\* 0.05 >= p > 0.01

\*\* p <= 0.01

CUADRO 3. COMPARACION DE MEDIAS DE RENDIMIENTO REAL Y POTENCIAL DE GRANO (RG Y RPG) DE GRUPOS, EN GENERACIONES F3 Y F8, SEGUN PRUEBA DE TUKEY. MONTECILLO, MEXICO. 1989.

Grupos	Carácter	
	RG (g/tallo)	PRG (g/tallo)
En generación F3		
Testigos	88.0 a/	106.1 a
Cruzas en generación F3	53.8 b	61.4 b
Progenitores	44.5 b	53.3 b
DMS	17.4	19.4
En generación F8		
Cruzas en generación F8	99.8 a	109.1 a
Testigos	88.0 a	106.1 a
Progenitores	44.5 b	53.3 b
DMS	26.8	27.0

/ Medias con la misma letra son iguales al 0.05 de probabilidad.

CUADRO 4. COMPARACION DE MEDIAS DE RENDIMIENTO REAL Y POTENCIAL DE GRANO (RG Y RPG) DE GENERACIONES SEGUN PRUEBA DE TUKEY. MONTECILLO, MEXICO. 1989.

	Carácter	
	RG (g/tallo)	PRG (g/tallo)
F8	99.8 a/	109.1 a
F7	93.1 b	101.8 b
F5	67.1 c	74.3 c
F3	53.8 d	61.4 d
DMS	6.0	5.9

/ Medias con la misma letra son iguales al 0.05 de probabilidad.

COMPARACIÓN DE MEDIAS OBSERVADAS (F3 Y F8), VALORES PREDICADOS (F3 Y F8), COEFICIENTES DE REGRESIÓN (b1) Y DE DETERMINACIÓN (r2), Y RESPUESTA A LA SELECCIÓN (R) DE CRUZAS, (C) MEDIAS DE PROGENITORES (P) Y TESTIGOS (T) DE RENDIMIENTO DE GRANO (RG) EN GRANOS POR TALLO. MONTECILLO, MEXICO. 1989.

Material Genético	Medias observadas		Regresión				R(%)		
	F3	F8	F3	F8	b1	r2			
C17	53.2	154.5	a1/		49.0	151.9	20.6 **	0.99	38.6
C20	73.3	132.2	b		67.3	126.8	11.9 **	0.93	16.3
C21	80.4	125.9	c		77.1	129.2	10.4 **	0.91	13.0
C6	39.0	125.1			40.1	127.3	17.5 **	1.00	44.8
C2	86.3	119.1		d	89.3	118.5	5.8 *	0.89	6.8
T1	-	117.9			-	-	-	-	-
C19 2/	72.8	114.1		e	77.2	119.6	10.6 **	0.92	14.5
C22	36.3	110.3		f	29.3	112.0	16.5 **	0.92	15.6
C18 3/	38.8	102.6		g	29.9	98.2	22.7	0.90	58.6
T4	-	101.4			-	-	-	-	-
C11	55.4	97.7			44.3	83.8	7.9	0.59	14.3
C10	65.0	96.8			63.6	94.3	6.1 **	0.97	9.5
C15	57.9	95.1		h	52.6	93.7	8.2 *	0.88	14.2
C14	51.3	93.1		i	47.6	92.3	8.9 **	0.94	17.4
C13	52.1	91.6		j	47.2	88.7	8.3 *	0.89	15.9
C7	29.9	91.0		k	24.6	96.6	14.4 **	0.94	48.2
C1	55.9	89.5			57.9	99.7	8.4	0.79	15.0
C3	44.4	88.7			38.8	87.1	9.7 *	0.90	21.7
C8	44.1	84.4		l	49.5	82.9	6.7	0.75	15.2
C16	50.7	77.1		m	55.9	90.2	6.9	0.64	13.5
C4	50.7	72.1			48.5	76.7	5.7	0.75	11.1
T2	-	71.4			-	-	-	-	-
C5	42.5	71.0			38.9	73.3	6.9 **	0.92	16.2
C12 4/	41.4	67.3			42.2	71.4	5.8	0.74	14.1
C9 5/	62.9	63.8			56.5	64.2	1.9	0.20	3.1
T3	-	61.1			-	-	-	-	-
P4		61.1							
P6		52.2		n					
P7		49.0							
P8		47.9							
P5		47.4							
P2		44.0							
P1		38.9							
P3		15.6							
$\bar{C}$ 6		98.8							
$\bar{P}$		44.5							
$\bar{T}$		88.0							

- 1 Prueba de Tukey. Medias con la misma letra son iguales al 0.05 de probabilidad
- 2 F4 en lugar de F3
- 3 F5 en lugar de F3, incluye sólo tres generaciones evaluadas (F5, F6, F8).
- 4 F2 y F7 en lugar de F3 y F8
- 5 F4 en lugar de F3
- 6  $\bar{C}$ ,  $\bar{P}$ ,  $\bar{T}$  promedio de cruzas, progenitores y testigos, respectivamente.

CUADRO 6. INTERVALOS Y VALORES PROMEDIOS PARA LOS COEFICIENTES DE REGRESION (bi), Y NUMERO DE CRUZA CORRESPONDIENTE PARA LOS CARACTERES QUE SE INDICAN. MONTECILLO, MEXICO. 1989.

C a r á c t e r	Coeficiente de regresión lineal (bi)				
	Inferior		Promedio Valor	Superior	
	Cruzas	Valor		Cruzas	Valor
Rendimiento de grano (RG)	C9	1.94	9.67	C17	20.57
Rendimiento potencial de grano (RPG)	C9	4.01	10.04	C17	20.38
Número de mazorca/tallo (NMZT)	C4	-0.04	0.05	C17	0.11
Longitud de mazorca (LHZ)	C1	-0.04	0.40	C7	1.03
Diámetro de mazorca (DMZ)	C19	0.02	0.10	C7	0.26
Porcentaje de grano (PDG)	C16	0.11	0.95	C7	2.38
Volumen de cien semillas (VCS)	C10	0.06	1.25	C7	2.93
Peso de cien semillas (PCS)	C10	0.05	1.62	C7	3.82
Densidad de grano (DGR)	C10	-0.0009	0.01	C22	0.00263
Altura de planta (APL)	C14	12.78	3.55	C15	-2.15
Altura de Mazorca (AMZ)	C22	7.04	2.15	C15	-3.18
Días a floración masculina (DFM)	C14	0.31	-1.52	C6	-3.87
Coincidencia de floración (COINF)	C7	0.51	-0.04	C12	-0.91
Sanidad de planta (SAN)	C2	-0.004	-0.15	C7	-0.46
Longitud de la panícula (LP)	C9	-0.88	0.40	C7	1.53
Número de ramificaciones primarias de la panícula (NRP)	C9	-1.73	-0.19	C19	0.79

CUADRO 7. MEDIAS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION EN RENDIMIENTO DE GRANO  
(RG) DE RAZAS A TRAVES DE SUS CRUZAS. MONTECILLO, MEXICO. 1989.

R a z a	$\bar{b}_i$ (g tallo -1)
Vandeño	14.6
Harinoso de Ocho	12.7
Olotillo	12.4
Zapalote Grande	12.1
Tuxpeño	11.1
Chapalote	9.0
Zapalote Chico	8.0
Nal-Tel	7.3
Tepecintle	6.1

FIGURA 1. CAMBIOS EN LAS MEDIAS DE RENDIMIENTO DE GRANO (RG) DE LA GENERACION F3 A F8 DE LAS RAZAS A TRAVES DE SUS CRUZAS.

135

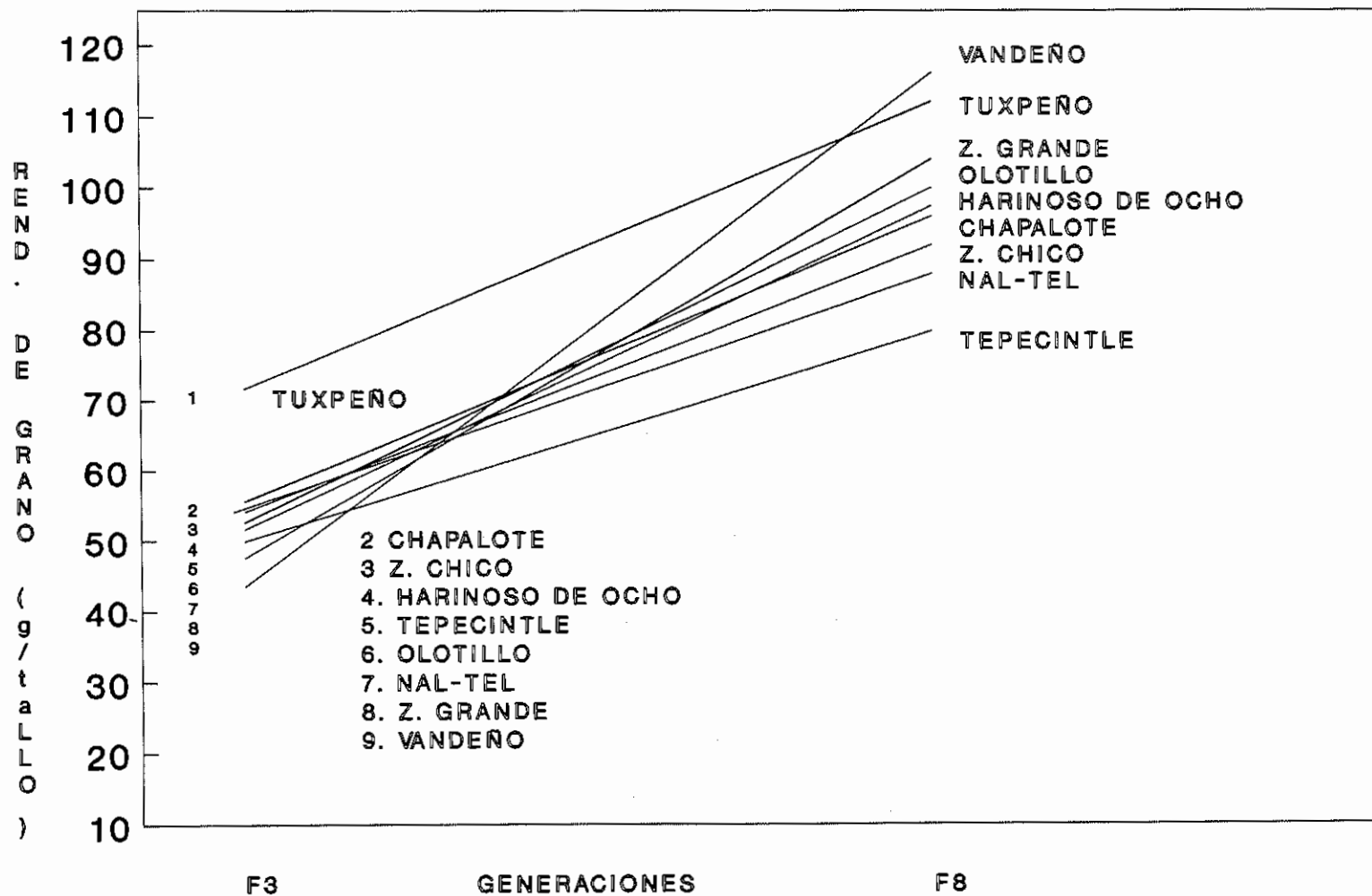
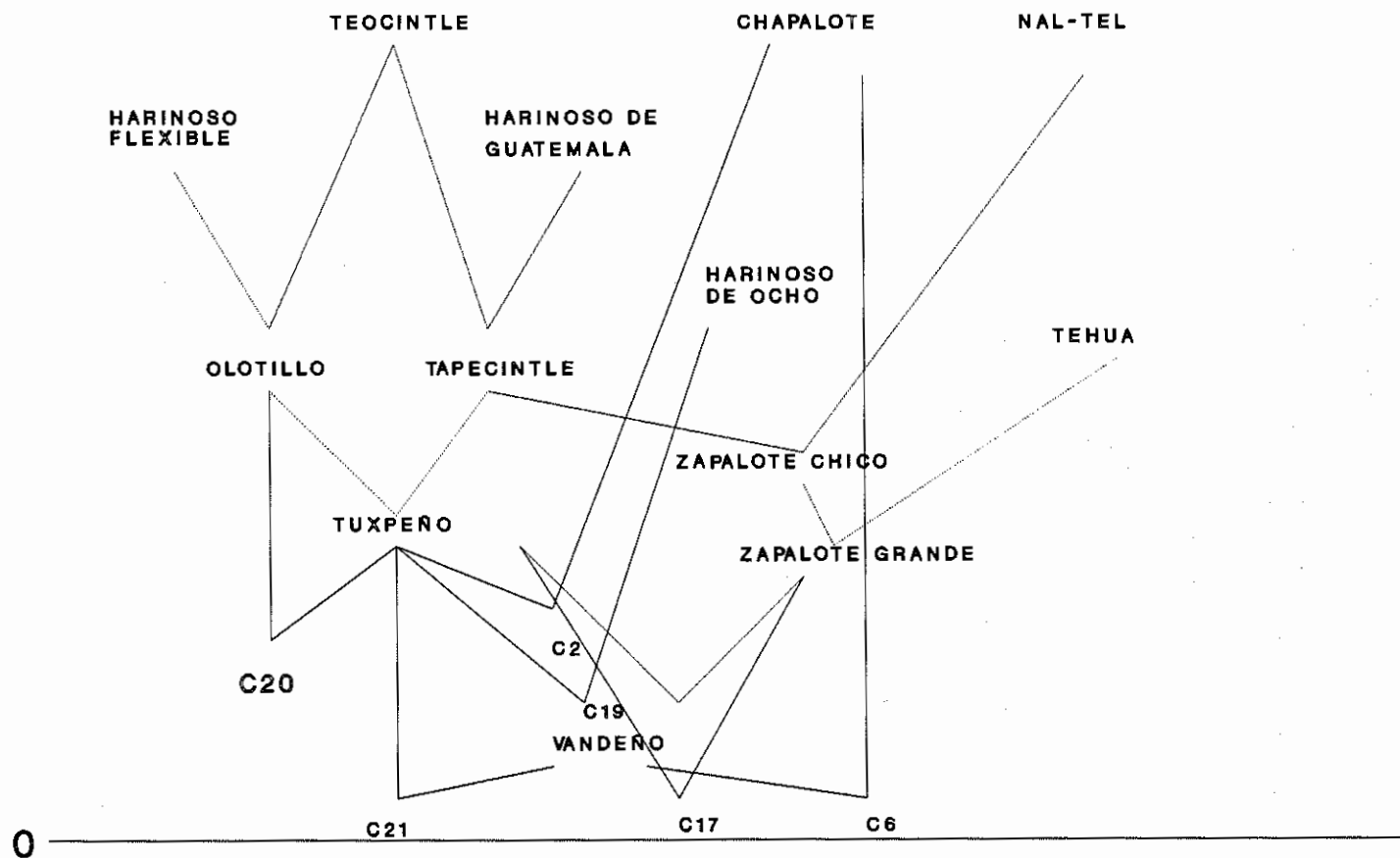


FIGURA 2. CRUZAS ENTRE RAZAS DE MAIZ (RAYA SOLIDA) CON RENDIMIENTO SUPERIOR Y PARENTESCO (RAYA PUNTEADA) PROPUESTO POR WELLHAUSEN et al. (1951)



## GENOTECNIA VEGETAL. EVALUACION DE CULTIVARES I

### RESPUESTAS DIFERENCIALES PARA RENDIMIENTO DE HIBRIDOS DE MAIZ EVALUADOS EN AMBIENTES CONTRASTANTES DE LATINOMERICA, PCCMCA 1990

H. Cordova <sup>1</sup>

#### RESUMEN

Los mejoradores frecuentemente enfrentan un problema de gran magnitud cuando seleccionan en presencia de interacción genotipo ambiente (GxA). Para evitar esta interferencia se han diseñado modelos de estabilidad que contribuyen a disminuir el riesgo involucrado en el proceso de selección al realizar estimaciones empíricas imperfectas. La seguridad en las estimaciones aumenta la probabilidad de seleccionar genotipos con medias realmente superiores, lo cual aumenta la rapidez y efectividad de los programas de mejoramiento y asegura la credibilidad en los cultivares recomendados, Gauch (1990).

El ensayo uniforme del PCCMCA involucra la evaluación de 36 híbridos de maíz en 20 ambientes contrastantes de Latinoamérica. Los resultados de 1990 comprueban la consistencia de la respuesta de algunos híbridos que durante tres años a través de 51 localidades han permanecido en los primeros lugares:

HB-85, HB-83 y XH-53 con rendimientos hasta de 6,000 kg/ha y 27% sobre el testigo. Sus parámetros de estabilidad ( $B = 1$  y  $S_{di}^2 = 0$ ) confirman lo acertado de esta respuesta. Nuevos híbridos de Compañías Privadas y Programas Nacionales demuestran un continuo progreso en el mejoramiento.

#### INTRODUCCION

La manipulación de genes que contribuyan a la formación de cultivares, cuya respuesta diferencial a ambientes contrastantes permita una agricultura sostenida, implica la utilización de conceptos dinámicos, que apoyen al fitomejorador a capitalizar los efectos que en forma aditiva integren el rendimiento y su estabilidad. Esta acumulación de efectos permitirá el desarrollo de genotipos adaptados a ambientes favorables y desfavorables.

La integración de la estabilidad del comportamiento, con el rendimiento es

---

<sup>1</sup> Representante Regional de Maíz de CIMMYT para Centro América y El Caribe.

**Palabras Claves:** Maíz híbrido, estabilidad, interacción, genotipo.



necesaria para seleccionar genotipos altamente rendidores en ensayos de rendimiento. Por esta razón rendimiento y estabilidad del comportamiento deben considerarse simultáneamente, para reducir los efectos de la interacción GxA y para una selección más precisa y refinada, Kang (1990). El componente de estabilidad, ha sido muy relevante en la decisión de los agricultores para la adopción de nuevos cultivares, usando una medida de riesgo que incluye rendimiento y estabilidad para diferenciar genotipos, de acuerdo a las preferencias de los agricultores, Baker et al. (1981) y Eskring (1988).

Córdova (1990), señala que el mejoramiento para resistencia a factores adversos bióticos y abióticos han dado como resultado el desarrollo de híbridos más estables adaptados a la mayoría de condiciones de producción, así mismo menciona que los modelos de Eberhart y Russell y AMMI coinciden en el 40% de los casos para identificar híbridos estables y rendidores. El progreso en el mejoramiento para rendimiento y estabilidad ha contribuido al desarrollo de híbridos por los programas nacionales y la industria semillista, la promoción de estos nuevos cultivares debe ser un esfuerzo integrado entre el sector público y privado.

Una evaluación realista del comportamiento de cultivares adaptados a ambientes pobres y ricos, debe invo-

lucrar localidades cuya magnitud de la incidencia de factores adversos bióticos y abióticos contribuya a reducir la producción. La aplicación de modelos donde se estiman parámetros de estabilidad que indentifican el comportamiento de los cultivares a través de diversos ambientes, contribuyen a la selección apropiada de los genotipos, Córdova (1989).

El mejoramiento para adaptación amplia puede proveer la identificación de genotipos cuyo comportamiento sea superior en ambientes pobres y ricos, estos ambientes pueden estar caracterizados por condiciones de estrés, un cultivar estable bajo estas circunstancias poseerá una baja interacción genotipo por ambiente, un coeficiente de regresión cercano 1.0 y un alto rendimiento. La importancia que tienen los factores responsables de la estabilidad del rendimiento a través de ambientes contrastantes, y la identificación de esos factores específicos es muy relevante para entender la naturaleza de la estabilidad del rendimiento y puede abrir un camino para el desarrollo de criterios de selección adicionales al rendimiento, Blum (1988).

El principal objetivo en el mejoramiento del maíz es la estabilidad del rendimiento o la respuesta consistente a condiciones óptimas y subóptimas. Recientemente los científicos preocupados por la producción de alimen-

tos en el mundo, hacen esfuerzos por obtener progresos en rendimiento que sean sostenidos y duraderos. Este nuevo concepto solo se puede lograr a través del desarrollo de germoplasma, cuya respuesta sea consistente a través de ambientes marginales y bajo presión de factores limitantes bióticos y abióticos que respondan positivamente a ambientes favorables.

Cuando una serie de genotipos se evalúan a través de años y localidades, el ambiente consiste de numerosos factores físicos, químicos y biológicos actuando independiente e interactuando entre ellos. Yates y Cochram (citados por Blum 1988); Finlay y Wilkinson (1963); Eberhart y Ruseell (1966), utilizaron modelos de regresión e índices ambientales y establecieron parámetros de estabilidad para determinar el comportamiento de cultivares a través de una serie de ambientes contrastantes. Genotipos con una media de rendimiento alta,  $B=1$  y  $S_d^2=0$  son definidos como estables en la concepción del último de los autores. Durante los últimos 10 años estos modelos han sido utilizados ampliamente en Centro América y El Caribe, Córdova (1988).

El modelo AMMI (efectos principales aditivos e interacción multiplicativas), es el modelo a escoger cuando existen datos de experimentos que muestran significancia en

los efectos principales y sus interacciones, AMMI integra algunos modelos estadísticos comúnmente aplicados a series de ensayos de rendimiento, esta integración incluye el análisis de varianza (ANOVA cuyo modelo es aditivo, el análisis de componentes principal (PCA) el cual es multiplicativo y el modelo de regresión lineal de Finlay-Wilkinson, Gauch y Zobel (1989).

Este trabajo tiene los siguientes objetivos:

- a. Determinar la adaptación de los híbridos de maíz desarrollados por los Programas Nacionales y Compañías Privadas en las diferentes regiones maiceras de Centro América y El Caribe.
- b. Estimar parámetros de estabilidad que permiten describir los genotipos de acuerdo a su respuesta a través de ambientes contrastantes.
- c. Realizar un análisis combinado de años y localidades a través de un modelo comprensible que permita inferencias acertadas.
- d. Establecer un mecanismo oficial en el cual los Programas Nacionales puedan basar sus decisiones en cuanto a la selección del germoplasma adecuado a las circunstancias de cada país, de tal manera que la información de

varias localidades y años analizada en forma combinada genere recomendaciones más confiables.

#### REVISION DE LITERATURA

Weber y Wricke (1990) al discutir la interacción genotipo ambiente y sus implicaciones en el mejoramiento establecieron que: los genotipos que son evaluados en varios ambientes a menudo no muestran el mismo orden de rendimiento en todos los ambientes. Esto debe ser tomado en cuenta por los mejoradores que están produciendo variedades de alto rendimiento adaptados a un amplio rango de ambientes.

Kang (1990), discute la importancia del rendimiento y utilización de la interacción GxA en el mejoramiento de plantas y señala que este concepto a tomado mucha importancia y ha sido un reto para los mejoradores genéticos y agrónomos involucrados en la evaluación del comportamiento de cultivares. La interacción GxA es notable cuando los genotipos evaluados se comportan en forma diferente en ambientes contrastantes (años o localidades). Una interacción GxA significativa para una característica cuantitativa tal como el rendimiento reduce la utilidad de las medias de genotipos a través de varios ambientes, para la selección de genotipos superiores. A medida que el rango de diferencias de genotipos y ambientes se hace más grande la interacción GxA

también se hace más grande y más aparente. Estas interacciones reducen la correlación entre los valores de los fenotipos y genotipos, y ha sido demostrado que reduce el progreso por selección (Stuber y Moll, 1963), cuando la interacción GxA es significativa, causando implicaciones que deben ser consideradas cuidadosamente en programas de mejoramiento, Kang y Martín (1987). Es muy importante examinar el mecanismo involucrado en los efectos aditivos o heterogeneidad, Friman (1975).

Friman y Perkins (1971), señalan el uso de medidas físicas del ambiente para explicar la interacción GxA. Recientemente, hemos empezado a examinar las contribuciones de las variables de clima a la interacción genotipo ambiente (Saed y Francis, 1984; Kan y Gorman, 1989; Kan et al. 1989; Gorman et al. 1989). Beker (1990) y Gravoice (1990), han identificado diferencias en el comportamiento de genotipos a enfermedades como factores que contribuyen a la interacción GxA estas son etapas en la dirección apropiada para entender la interacción GxA.

Kang (1990), al discutir los conceptos de estabilidad en el comportamiento de cultivares estableció el concepto de estabilidad estática vs el concepto dinámico refiriéndose a que el concepto estático significa que un genotipo tiene un comportamiento estable a través de ambientes y que no

existe varianza entre ambiente. Esto significaría que el genotipo no respondería a altos niveles de fertilizantes. Este tipo de estabilidad no es utilizable para los agricultores particularmente cuando un cultivar es de bajo rendimiento. Beker (1981), nomino este tipo de estabilidad como el concepto biológico.

El concepto dinámico significa que un genotipo tiene un comportamiento estable, pero cada ambiente responde al nivel estimado o predicción para un ambiente pobre o para un ambiente rico. Debe existir concordancia entre el nivel estimado y la predicción con el nivel de comportamiento obtenido en campo de los agricultores Baker y León (1988). Baker (1981), lo refiere al concepto agronómico y lo distingue del concepto biológico o concepto estático.

Kang (1990), señala la comparación entre los términos ecovalencia y estabilidad de la varianza, los métodos de partición de la interacción  $G \times A$  en componentes asignados para cada genotipo, mide en que forma contribuye cada genotipo a la interacción  $G \times A$  y puede ser muy útil para los mejoradores de plantas. Estos métodos utilizables que caen dentro de esta categoría son: ecovalencia ( $W_i$ ) desarrollado por Wricke (1962) citado por Kang (1990) y estabilidad de varianza ( $\delta^2-1$ ) desarrollado por Shukla (1972). Estos dos parámetros grafican los geno-

tipos en forma idéntica Keng y Miller (1984) y Lin et al. (1986).

Eisemann et al. (1990), mencionan conceptos que van más allá de la metodología analítica para describir como mejorar la interacción genotipo-ambiente en el mejoramiento de plantas, discuten que en el pasado los estudios de interacción genotipo ambiente han sido restringidos por expectativas de sobreestimar la relevancia de métodos analíticos descriptivos, para enfocar conceptos biológicos, a respuestas genotípicas y adaptación, utilizando muy pocos datos. A menudo estos conceptos han sido condicionados por asunciones y limitaciones de metodología. Sugieren que es necesario un enfoque que clarifique o que de más luz a futuros estudios, asimismo señalan que para lograr esta integración, los mejoradores deben poner mas atención a la influencia de factores ambientales. Las pruebas de comportamiento de variedades cuando se realizan convencionalmente ofrecen información sobre la interacción genotipo-ambiente, pero no dan una idea de la estabilidad de las variedades evaluadas Córdova et al. (1977). De allí que el análisis de estabilidad, es un buen instrumento en la identificación de germoplasma de gran potencial para los programas de mejoramiento. En base a la interpretación de los parámetros de estabilidad, Carballo y Márquez clasifican a una variedad "deseable" cuando  $B_i=1$  y

$S_{di}=0$ , además por tener una alta media de rendimiento en relación con el resto de variedades.

Sprague y Jenkins (1943) citados por Córdova (1978), Allard y Bradshaw (1967), coinciden en que la mayor diversidad genética (cruzas simples en maíz, por ejemplo) dota a las poblaciones de mayor estabilidad, haciéndolas idóneas para utilizarse también en ambientes desfavorables.

Allard y Bradshaw (1967), describen dos formas a través de las cuales una variedad puede exhibir estabilidad: 1) amortiguamiento poblacional; la variedad puede estar constituida de varios genotipos cada uno adoptado a un rango de ambientes un tanto diferente y 2) amortiguamiento individual; los individuos mismos pueden tener también amortiguamiento de manera que cada miembro de la población esté bien adaptado a un amplio rango de condiciones ambientales. De esta forma, las poblaciones homogéneas: homocigóticas o heterocigóticas (líneas puras y cruzas simples, respectivamente) dependerán obviamente del amortiguamiento individual para obtener una población estable, mientras tanto el amortiguamiento individual como el poblacional podrán estar presente en poblaciones heterogéneas. El amortiguamiento poblacional, se refiere a que aquel se encuentra por arriba de los constituyentes de la población por lo que resulta de

las interacciones entre los diferentes genotipos que coexisten en ella. Citan como ejemplo la revisión hecha por Simonds (1964), quien encontró que poblaciones mezcladas son casi siempre más estables en rendimiento que sus componentes individuales, y el trabajo de Jones (1958), que compara cruzas simples y dobles, encontrando que los coeficientes de variación fueron menores en las cruzas dobles (12.31%) que para cruzas simples (21.41%).

El progreso en rendimiento y adaptabilidad se podría lograr fácilmente si se identifican genotipos estables en generaciones tempranas, Bonny y Kerlova (1985).

Eberhart y Russell (1966), postulan que aunque la estabilidad de una craza doble proviene de la mezcla de genotipos, también parece que está bajo control genético o sea que ciertos genotipos pueden mostrar mayor estabilidad que otros, de manera que pueden obtenerse cruzas simples, genéticamente estables de mayor rendimiento que las cruzas dobles. En su investigación encontraron cruzas simples tan estables como cualquier craza doble, sugiriendo que las cruzas simples difieren en su habilidad de respuestas a condiciones ambientales más favorables; la suma de cuadrados de desviaciones de regresión parece ser el parámetro más importante y que es probable que estén involucrados en esa estabi-

lidad todos los tipos de acción genética.

Carballo y Márquez (1970), citados por Córdova en su trabajo sobre estimación de parámetros de estabilidad en variedades de maíz hacen notar que el grupo de variedad de alto rendimiento, los coeficientes  $b$  no difieren mucho de 1 o son inferiores a este valor. Mencionan que la tendencia general fue la asociación de altos rendimientos con altos valores de  $B$  y la asociación negativa de rendimiento y de  $B$  con  $Sd_i^2$ .

Gardner y Mereck (1977), en su trabajo de evaluación de cuatro poblaciones formadas a través de selección masal, su variedad progenitora Hays y Golden y un híbrido testigo sembrados en catorce localidades, calcularon parámetros de estabilidad para cada entrada, utilizando la regresión para rendimiento con un índice ambiental, las poblaciones seleccionadas mostraron una respuesta mayor ( $b=1.01$  a  $1.30$ ) el híbrido testigo ( $b=0.74$ ) en todas las localidades obtuvo rendimientos bajos, los rendimientos de la población seleccionada no fueron diferentes a los de la población original. Concluyeron que la selección ha sido eficiente para aquellos alelos que permiten a las poblaciones mejorar o responder a las prácticas modernas de cultivo. La respuesta estimada a la selección variará dependiendo del nivel de rendimiento de la localidad en prueba. Esto explica el

porqué en evaluaciones de la respuesta de la selección en masa en años secos (1974, 1975 y 1976) encontraron un decremento en rendimientos relativos de poblaciones mejoradas, en comparación con las poblaciones originales.

Miezan *et al.* (1977), mencionan una expansión de la fórmula de coeficiente de regresión sugerida por Finlay y Mikison como parámetro de estabilidad, demostrando que el parámetro puede ser significativamente alterado por genotipos extremos, ejemplo: aquellos con una varianza pequeña o muy grande. Al parecer, no todos los genotipos deberán involucrarse en la estimación de índices ambientales.

Dos métodos han sido sugeridos: 1) utilizar un juego de genotipos de igual varianza (dentro de las magnitudes intermedias) para estimar los índices ambientales; 2) usar la media ajustada de los genotipos en cada ambiente para definir al ambiente. Ellos utilizaron los datos de rendimiento de maíz en Kansas como ejemplo, confirmando los efectos de los genotipos externos. Sin embargo, no se obtuvieron cambios significativos en el coeficiente ( $sw$ ) regresión cuando se usaron diferentes combinaciones de genotipos para estimar los índices ambientales. Encontraron dificultad en la interpretación del coeficiente de regresión cuando la varianza entre genotipos no es cero.

Rows y Andrews (1974), citados por Córdova (1978), estudiaron la estabilidad de seis poblaciones de maíz representativas de cuatro grados de heterocigocidad: líneas endogámicas (90%) F3 y RC2 (25%), F2 y RC1 (50%) y F1 (100%). Para el carácter rendimiento, tomando a el componente de varianza entre ambientes como criterio (F2) encontraron asociado un mayor grado de heterocigocidad con tamaños mayores de 2 o sea con una menor estabilidad. En relación a la diversidad genética, los autores encontraron "Sorpresivo" que las poblaciones F2', F3' y RC2 (heterógenas) no fueron más estables que la del grupo de líneas (homogéneas), añadiendo que las F1 deberían haber sido más estables que las líneas. Con respecto el componente VE no hubo una asociación clara con el nivel de heterocigocidad, presentándose descendientemente su tamaño como sigue: Líneas F1', F3', RC2 y F2' o sea que las líneas y las F1 interaccionaron más con los ambientes. En el análisis de regresión de cada grupo sobre los ambientes, de acuerdo al método de cada grupo de Finlay y Wilkison (1963), los mayores cuadrados medios para las desviaciones de regresión correspondieron también a las líneas y a las F1' mientras que los coeficientes de regresión aumentaron con mayor grado de heterocigocidad.

Salguero y Córdova (1977), evaluaron diez variedades e híbridos de maíz en once ambientes en Sur-

Oriente de Guatemala, encontrando variedades estables ( $B_i=1$ ) ( $S_{di}=0$ ), los cuales tuvieron altos rendimientos aún bajo condiciones de humedad limitada.

Dávila y Córdova (1978), estimaron los parámetros de estabilidad utilizando el modelo de Eberhart y Russell (1966), para identificar germoplasma criollo utilizable en el Programa de Mejoramiento del Altiplano, alto y medio. Los autores concluyen que dentro del germoplasma criollo existen variedades con alto potencial de rendimiento y estabilidad mostrada a través de nueve localidades del altiplano medio de Guatemala. A la vez encontraron que altos rendimientos están positivamente correlacionados a coeficientes de regresión y desviaciones de regresión ( $r=0.99$  y  $0.66$ , respectivamente).

De Paz y otros (1977-1978), encontraron una fuerte interacción entre variedad por ambiente al evaluar variedades mejoradas y criollas en el antiplano de Guatemala. Por lo que recomiendan que la estabilidad se pueda mejorar evaluando las familias de los campos de agricultores.

Córdova (1986, 1987, 1988), utilizando el modelo de Eberhart y Russell para determinar el comportamiento de cultivares a través de varios años y localidades, encontró respuestas de cultivares a ambientes favorables y desfavorables y concluye que los parámetros



de estabilidad estimados describen apropiadamente a la respuesta de las variedades a los sitios contrastantes donde fueron evaluados.

Algunas metodologías utilizadas para describir la adaptación de cultivares están basadas en agrupación de los mismos utilizando un índice de disimilaridad de Lin, Osorio (1988). Sin embargo, esta metodología no fue muy acertada al comparar el origen genético de los cultivares agrupados, el autor concluye que los cultivares manifiestan un comportamiento semejante en las diferentes localidades, atribuible a su igualdad genética, esto fue acertado solamente en algunos casos. Deben medirse parámetros ambientales para correlacionarlos con parámetros de estabilidad.

La eficiencia de la estimación de parámetros o modelos de estabilidad, ha sido discutida por Crossa (1988) y Osorio (1988), utilizando el modelo AMMI se puede multiplicar la eficiencia de los experimentos hasta tres veces, Crossa (1988).

## MATERIALES Y METODOS

En el presente estudio se evaluaron 36 híbridos desarrollados por los Programas Nacionales, compañías privadas nacionales y compañías privadas internacionales que operan en la región de Centro América. Los 36 híbridos fueron evaluados en

ensayos uniformes en 22 localidades de Mesoamérica, Estados Unidos y Venezuela, bajo un diseño de látice simple cuadrado 6x6 con cuatro repeticiones por localidad, (Cuadro 1).

La parcela experimental consta de 4 surcos de 5.5 m de largo con una parcela útil de 8.25 m<sup>2</sup>, densidad de 53,000 plantas ha. La información climática de los sitios experimentales se encuentra compilada en la base de datos de los ensayos del PCCMCA, lo cual indica que los 22 experimentos fueron establecidos bajo condiciones de mega ambiente tropical con temperaturas promedio entre 22° y 28° precipitación entre 550 y 1100 mm durante el ciclo de cultivos y altitud 0 y 1000 msnm. La aplicación de 100 a 120 kg/ha de N y 50 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Las variables estudiadas fueron: rendimiento, días a flor, altura de planta y mazorca, enfermedades de importancia económica, pudrición de mazorca, cobertura de mazorca, acame y prolificidad.

La responsabilidad y preparación de los ensayos de 1990 correspondió a Guatemala, los ensayos fueron enviados a 26 localidades, de las cuales al 15 de febrero de 1990 se recibieron 22 libros de campo, o sea 86% de recuperación lo cual se considera sobresaliente. En el análisis de estabilidad se utilizaron datos de 20 ensa-



yos. Los datos de rendimiento se expresan en ton/ha de grano al 15% de humedad.

j-ésimo ambiente  
( $1=1, 2, \dots, V$ ;  
 $J=1, 2, 3, \dots, N$ ).

### Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza por localidad bajo el modelo de látice para rendimiento, altura de mazorca, días a flor, mazorcas descubiertas y podridas y % de prolificidad.

$$Y_{ijq} = U + i + B_{ij} + T_q + e_{ijq}$$

$Y_{ijq}$  = Efecto del q-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque dentro de la i-ésima repetición.

U = Efecto de la media

i = Efecto de la repetición

$B_{ij}$  = Efecto del bloque incompleto

$T_q$  = Efecto del tratamiento

$e_{ijq}$  = Efecto del error

Las comparaciones de medias se realizaron por la prueba de Tukey (DMSH).

### Análisis de estabilidad

El análisis combinado de estabilidad para 1990, se realizó bajo el modelo de Eberhart y Russell (1966).

$$Y_{ij} = M_i + B_i + I_j + S_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Media varietal de la i-ésima variedad en el

U = La media de la i-ésima variedad a través de todos los ambientes.

$B_i$  = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la variedad i en varios ambientes.

$I_j$  = Índice ambiental obtenido como el promedio de todas las variedades en el j-ésimo ambiente menos la media general.

$S_{ij}$  = Desviación de regresión de la variedad i en el ambiente j.

Para establecer la relación existente entre la descripción de estabilidad de Eberhart y Russell, se analizaron los resultados por el modelo AMMI donde:

$Y_{ge} = M + o_{cg} + B_e + E_{ny} + Y_{gn} \dots + P_{ge}$   
 $Y_{ge}$  = Es el rendimiento promedio de un genotipo g en ambiente e.

M = Es la media general

g = Son las desviaciones de las medias de los genotipos.

$B_e$  = Desviaciones de las medias de ambiente.

N = Es el número de PCA retenidos en el modelo.

$Y_n$  = Es el valor singular para el PCA.

$rg_n$  = Son los valores de vectores de los genotipos para cada PCA.

$\delta$  = Son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA).

Pge = Es el residual.

### **Análisis de correlaciones simples**

Para estudiar el grado de asociaciones entre rendimiento y características agronómicas de baja heredabilidad como mala abertura y pudrición de mazorca, se estimaron coeficientes de correlación simple.

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

Algunos de los cultivares evaluados en veinte localidades de Centro América, El Caribe, Venezuela, México y Estados Unidos, mostraron comportamiento relativamente diferentes a los ambientes contrastantes donde fueron evaluados Córdova (1977, 1979, 1989).

En el Cuadro 2, se presentan los estadísticos estimados en el análisis de varianza para rendimiento por localidad. El experimento que obtuvo el valor más bajo de C.V. (5.0) fue la localidad de San Jerónimo, Guatemala y el valor 19.2 más

alto Guadalajara, México.

Los índices ambientales indican ambientes contrastantes donde fueron evaluados los 36 cultivares involucrados en el presente trabajo (Cuadro 3).

En el Cuadro 4, se incluye la información pertinente a los estadísticos estimados en el análisis de varianza combinado de 20 localidades, para variables de importancia económica y genética consideradas en el presente trabajo. La interacción híbrido-ambiente fue significativa para todas las variables, lo cual indica que los genotipos mostraron una respuesta relativamente diferente en algunas localidades. La variable de mayor importancia, mazorcas podridas mostró una variación de 4.00 a 13.00% lo cual indica que existen genotipos resistentes a este factor adverso de origen biótico.

Pudrición de mazorca es la enfermedad de mayor importancia económica en Honduras, Costa Rica y Guatemala, considerándose pérdidas anuales de hasta el 20%. Los híbridos HA-46 y GB-35XGB-41 muestran una considerable resistencia a esta enfermedad (4.41 vs 12.56 de H.56) este híbrido también superó significativamente en rendimiento al testigo H-5, (Cuadro 5).

La prueba de Tukey aplicada al rendimiento discrimina en primer lugar 15 híbridos de los 36 evaluados en veinte localidades. El

primer grupo lo constituyen HB-511, los cuales superaron al testigo H-5 (4.72 ton/ha) hasta con 25%, (Cuadro 5). El HB-85 y C-343, mostraron adaptación a la mayoría de ambientes de prueba colocándose en los primeros cuatros lugares entre los 36 genotipos evaluados en veinte localidades (Cuadro 3).

El HA-46 mantiene su liderazgo en resistencia a pudrición de mazorca lo cual incrementa su potencial en el mercado regional y apoya el enfoque de mejoramiento para resistencia a factores adversos y bióticos que en el futuro contribuirán a una producción sostenida de maíz en la región. El segundo grupo los constituyen los híbridos C-385, H-53, XHS-509, H-29, XHS-501, MAX-307, HC-43, esta serie de híbridos superó al testigo con rendimiento entre 0.490 a 0.800 ton/ha. Entre ellos sobresalen C-385 y H-53 este último con resistencia al achaparramiento. Los híbridos CB-XHS-513, C-701, XHS-502, 505, C-125W, MAX-319, EXPHQPM-1, HPQM-2 tuvieron un comportamiento similar al testigo H-5, (Cuadro 5). Los coeficientes de correlaciones simples estimados en el análisis combinado indican la magnitud de la asociación existente entre el rendimiento vs. mazorcas podridas, prolificidad y acame con coeficientes  $r = 0.58^{**}$ ,  $0.39^{*}$  y  $0.59^{*}$ , respectivamente (Cuadro 6).

Las diferencias entre ambientes pueden cambiar con frecuencia la magnitud en el

comportamiento de un genotipo a través de diferentes localidades de prueba. Los agricultores demandan nuevos cultivares que respondan consistentemente a la mayoría de condiciones ambientales. De aquí, la necesidad de desarrollar cultivares que interaccionen positivamente con el medio ambiente utilizando modelos que permitan la identificación de genotipos estables. El Cuadro 7, muestra los parámetros de estabilidad estimados en el análisis de varianza para estabilidad del rendimiento. Este análisis identificó a los híbridos HB-85 y HB-83 como estables ( $B_i=1$ ,  $S_{d_i}^2=0$ ) al mismo tiempo estos híbridos llenan todas las características de una variedad deseable.

Los híbridos GB-35-XGB-41, H-30, CB-X-HS-511 presentaron los coeficientes de regresión más altos ( $B_i = 1.16^{*}$ ,  $1.28^{**}$  y  $1.14^{*}$ ) lo cual los clasifica como híbridos que responden en forma consistente a ambientes favorables, evidentemente estos híbridos tuvieron sus más altos rendimientos en los ambientes cuyo índice ambiental fue el más alto (Cuadro 3). Coeficientes de regresión altos a menudo están asociados a rendimientos altos, Córdova (1978 - 1980).

Los coeficientes de regresión bajos y significativos a menudo están asociados con rendimientos bajos e identifican a cultivares que responden bien a ambientes pobres o subóp-

timos . En el presente trabajo cultivares con coeficientes de regresión,  $B_i=0.720$ ,  $B_i=0.713^{**}$ ,  $821^*$ ,  $0.890^*$  y  $0.828^*$  correspondieron a los híbridos con los más bajos rendimientos a través de los ambientes con índices negativos (Cuadro 7).

La respuesta diferencial de los cultivares evaluados en diferentes ambientes implica la utilización de metodologías que permitan discriminar adecuadamente los genotipos que contribuirán al progreso por selección. En un programa de mejoramiento, se necesita mucha precisión para seleccionar materiales superiores dentro de un grupo de genotipos cuyas diferencias en potencial de rendimiento son mínimas. Por otra parte, es necesario entender bien la interacción genotipo ambiente para poder hacer selecciones apropiadas para una región y evitar sorpresas desagradables en el futuro Kenpton (1984), Bradley et al. (1988), Gauch y Zobel (1988).

En el análisis combinado de estabilidad del rendimiento involucrado 51 localidades y 204 repeticiones (Cuadro 8), los híbridos HB-85, HB-83 y H-30 rindieron 6.00, 5.73 y 5.72 ton/ha, respectivamente superando al testigo H-5 hasta con un 72%. MAX 307, ICTA HA-46, PIONERR XCH-53 y SEMINAL HR-17 superaron significativamente al testigo H-5 que rindió 4.7 ton/ha.

Las diferencias entre ambiente pueden cambiar con frecuencia la magnitud en el

comportamiento del genotipo a través de diferentes ambientes. Los agricultores demandan nuevos cultivares que respondan constantemente a la mayoría de condiciones ambientales. Este objetivo se puede lograr desarrollando genotipos que interaccionen positivamente con el medio ambiente utilizando modelos de estabilidad que capitalicen en interacción  $G \times A$ , Zobel (1988). El programa de maíz de ICTA, Guatemala ha puesto énfasis especial en integrar al estabilidad del rendimiento y adaptación y sus proyectos de formación de híbridos, el progreso de este enfoque es notable en el desarrollo de los híbridos HB-85 y HB-83 que ha mostrado notable estabilidad a través de años y ambientes. La acumulación de genes favorables que determinan la adaptación de los híbridos han sido notables ya que sus parámetros de estabilidad ( $b_i = 1$ ,  $Sd_i^2 = 0$ ) en rendimiento alto los identifican como variables deseables, (Cuadro 8).

El modelo AMMI ha demostrado eficiencia por las razones siguientes:

1. Es más fácil el entendimiento de la interacción genotipo-ambiente al utilizar los Scores PCA presentados gráficamente, Kenpton (1984) y Zobel et al. (1988).
2. Predicción de estimaciones del rendimiento más precisas al descartar en residual con mucho "ruido".

3. La mayor precisión se traduce en nuevas opciones para crear diseños experimentales con menos repeticiones y mayor número de tratamientos.
4. Mayor precisión mejora el éxito en seleccionar el material realmente superior (3 años sin usar AMMI equivalen a dos años usando AMMI).
5. El residual del AMMI puede revelar heterogeneidad en los experimentos en el campo.
6. El mejor entendimiento de las interacciones y la mayor precisión en las estimaciones del rendimiento hacen posible las recomendaciones de variedades más confiables y mayor progreso en el programa de mejoramiento, Gauch y Zobel (1989).

En el análisis de varianza por el modelo AMMI (Cuadro 9), mostró alta significancia para todos los componentes involucrados en el análisis. La interacción GxA fue de gran importancia, esta captura el 28% de la SC para tratamientos. Los genotipos se alinearon más hacia el eje de las Y y los ambientes hacia el eje de las X, Zobel (1990), Gauch (1990), Figura 1.

El análisis de varianza para rendimiento mostró una interacción GxA significativa conteniendo el 10.53% de la

SC en que intervinieron tratamientos (SCG+SCA+SCGXA).

El componente principal PCA1 contiene el 28.69% de la SC de GxA. La Figura 1 muestra el comportamiento de los ambientes y genotipos conteniendo el 44.24 de la SC de tratamientos Zobel *et al.* (1990) y Córdoba (1990).

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El análisis combinado de estabilidad a través de 52 ambientes, tres años y 204 repeticiones identificó a los híbridos HB-85 y HB-83 como estables ( $Bi = 1$ ,  $Sdi^2 = 0$ ). Estos híbridos rindieron 6.00 y 5.73 y 5.72 ton/ha, respectivamente superando al testigo H-5 hasta con 27% de rendimiento de grano.

Las compañías privadas regionales e internacionales han logrado notable progreso en el desarrollo de híbridos en los cuales sobresalen CB-HS-511, MAX-307, B-833, HR-17, XCH-53.

Se ha realizado un significativo adelanto en el desarrollo de híbridos en los 3 años pasados y la mayoría de los programas nacionales poseen híbridos superiores al testigo. Sin embargo, falta una promoción agresiva para que estos genotipos lleguen a los agricultores.

Se recomienda que se impulsen programas agresivos de transferencia de tecnología y de producción de semilla de buena calidad,

estableciendo programas de transferencia masiva.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALLARD, R. W.; AND BRADSHAW. 1987. Implication of genotype environment interaction, in applied plant breeding. Crop Sci. 4:503-509.
- BECKER, H.C. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. Euphytica 30:835-840.
- BECKER, H.C. AND J. LEÓN. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding 101: 1-23.
- BLUM, A. 1988. Plant breeding for stress environments. 18-28. CRC press.
- BONNY, R.N.; TATE AND M. KERLOVA. 1985. Segregating populations of Cow Pea. Crop Sci. 25. 208-210.
- BRADLEY, J.P.; KNITTLE K.H. TROYER AF (1988). Statistical methods in seed corn product selection. J. Prod. Agri 1:34-38.
- CARBALLO, C. A.; Y MÁRQUEZ, S.F. 1970. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y La Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Agro-Ciencias 5 (1): 129-146.
- CÓRDOVA, H.S. 1978. Uso de parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de variedades. Guatemala, ICTA 35 p.
- CÓRDOVA, H. S.; RAUN, W.; Y BARKER, T. 1988. El uso de parámetros de estabilidad para determinar la adaptación de 36 cultivares de maíz Simposiun Modelos de Estabilidad para Evaluar la Adaptación de Cultivos. XXXIV Reunión Anual del PCCMCA, San José, Costa Rica.
- CÓRDOVA, H.S. 1989. Evaluación de 36 cultivares de maíz en 20 ambientes de Centro América, Panamá y El Caribe PCCMCA 1988. XXXV Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras, abril 2 al 7.
- DÁVILA, F.A.; CÓRDOVA, H.S. Y POEY, F.R. 1978. Uso de parámetros de estabilidad en la evaluación de variedades comerciales y experimentales de maíz Zea mays L. (1) Zona Media. XXIV Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, pp M31/4.
- DE PAZ R.; POEY F.; AND CÓRDOVA, H.S. 1977. Uso de parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de variedades criollas de maíz Zea mays L. en el Altiplano de Guatemala (II) zona alta. XXIV Reunión Anual PCCMCA, San Salvador, C.A. Marzo 1978 pg. M30/1-10.
- DE PAZ R.; y OTROS. 1978. Segunda fase en la evaluación de variedades criollas de maíz Zea mays L. en el altiplano de Guatemala. XXV Reunión Anual PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras, C.A. Marzo 1979, pags M16/1-15.

**EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. 1966.** Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6:36-40.

**EISEMANN, R.L.; COOPER, Y D.R. WOODRUFF. 1990.** Beyond the analytical methodology better interpretation and exploitation of genotype by environment interaction in breeding.

**FINLAY, K.W. AND WILKINSON G. N. 1963.** The analysis of adaptation in plant breeding programs, *Aus. J. of Agriculture research*, 14, 742.

**FREEMAN, G.H. 1973.** Statistical methods for the analysis of genotype-environment interactions. *Heredity* 31:339-354.

**FREEMAN, G.H. AND J.M. PERKINS. 1971.** Environmental and genotype-environmental components of variability. VII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments, *Heredity* 27:15-23.

**GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. 1988.** Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. *Theor Appl Genet* 76:110.

**GAUCH, H.G. AND ZOBEL, R. W. 1989.** Accuracy and selection success in yield trial analyses. *Theor Appl. Genet* 77:473-481.

**GADNER, C.O. y MARECK, J.H. 1977.** Stability of yield of original and improved populations of maize grown over a wide range of environments. *Agron. Abst.* 55p. *Am. Soc. Agron.* 1977.

**GORMAN, D. P.; M.S. KANG y M. R. MILAN. 1989.** Contribution of weather variables to genotype x environment interaction in grain sorghum. *Plant Breeding* 103-299-303.

**GRAVOIS, K. A. MOLDENHAUER, K. A. K y RODMAN, P.C. 1990.** Genotype-by environment interaction for rice yield and identification of stable, high-yielding genotypes. *In: M.S. Kang (ed.) Genotype by-Environment Interaction and Plant Breeding.*

**KANG, M. S., AND D. P. GORMAN. 1989.** Genotype X environment interaction in maize *Agron. J.* 81:662-664.

**KANG, M. S. 1988 B.** A rank-som method for selection high yielding, stable corn genotypes. *Cereal Res. comun.* 16:113-115.

**KANG, M. S. 1990.** Genotype by environment interaction and its implication in plant breeding. *Symposium on: Genotypes by environment interaction and plant breeding.* Ed. by Manjit, S. Kang, LSU, Agricultural Center.

**KEMPTON, R. A. 1984.** The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *J. Agric Sci* 103 :123-136.

LIN, C. S. 1982. Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment interaction mean square. Theor. Appl. Genet. 62:227-280.

LIN, C. S., M. R. BINNS, AND L. P. LEFKOVITCH. 1986. Stability analysis: Where do we stand? Crop Sci. 26:894-900.

MÁRQUEZ, S. F.; VALLEJO R. P. Y CÓRDOVA, H. S. 1983. Variedades sintéticas de maíz. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México 70p.

MIEZAN, K.; WALTER, T.L.; MILLIKEN, G.A. Y LIAN, G.H. 1977. Problems in using regression coefficients as stability parameter in breeding program. Agron. Abst. 64p. Am. Soc. Agron.

N., AND M. S. KANG. 1988. Interrelationships among and repeatability of several stability statistic estimated from international maize trials. Crop Sci 28:925-928.

SAEED, M. AND C.A. FRANCIS. 1984. Association of weather variables with genotype x environment interactions in grain sorghum. Crop sci 24:13-16.

SALGUERO, V.; CÓRDOVA, H.S. CRISOSTOMO, C. Y POEY, F.R. 1977. Uso de parámetros de estabilidad en la evaluación de híbridos comerciales y experimentales de maíz Zea mays L.: XXII Reunión PCCMCA, Panamá.

SHUKLA, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. Heredity 29:237-245.

WEBER, W.E. AND WRICKE, G. 1990. Genotype by environment interaction and its implication in plant breeding. Symposium on genotypes by environment interaction and plant breeding. Ed. Manjit, S. Kang, lsu, agricultural center.

WRICKE, G. 1962. Über eine methode zur erfassung der ökologischen streubreite in feldversuchen z. Pflanzensuchtg. 47:92-96.

ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80:388-393.

ZOBEL, R. W. 1990. A powerful statistical model for understanding genotype-by-environmental interaction in genotype-by-environmental interaction and plant breeding symposium. L.S.U. Agricultural center.

#### RECONOCIMIENTO

El presente documento es el resultado cooperativo de las siguientes entidades e instituciones de centro aérica, el caribe y méxico; a quienes se agradece por su invaluable aportación profesional.



### Costa Rica

Kenneth Jiménez,  
Carlos Salas  
(Universidad de  
Costa Rica)

### El Salvador

Adán Aguiluz,  
José Escobar  
(CENTA).

### Guatemala

Carlos Pérez, Nery  
Soto, José Luis Quemé,  
(ICTA); Antonio  
Cristiani, Héctor  
Deras, Jesús Merino  
(Cristiani Burcard);  
Roberto Velásquez  
(SEMINAL, TACSA).

### Honduras

Luis Brizuela,  
Víctor Méndez,  
Humberto Mejía,  
José Paz,  
(S.R.N.);  
Leonardo Corral  
El Zamorano).

### Nicaragua

Roger Urbina,  
Marvin Ovando  
(MIDINRA).

### México

Semillas TACSA, PIONEER  
Selecciones  
Genéticas).  
Alfonso  
Monteiro  
(CARGILL).

### Rep. Dominicana

Ramón Celado,  
Félix Navarro  
(CESDA).  
Panamá

Alfonso Alvarado,  
Daniel Pérez,  
Ismael Camargo  
(IDIAP).

### E.E.U.U.

Federico Poey  
(AGRIDEC)  
Hernán Cortez  
(PIONEER).

### Venezuela

Omar Rodríguez  
(PIONEER).

\* Los Coordinadores de los  
Programas Nacionales de Maíz  
(CRP) agradecen a las  
compañías de semillas que  
operan en la región, por el  
apoyo económico brindado para  
la conducción de los  
experimentos, siendo estas:

CARGILL, CRISTIANI BURKARD,  
SEMINAL, PIONEER, AGRIDEC Y  
SEMILLAS TACSA.

CUADRO 1. HIBRIDOS EVALUADOS EN EL ENSAYO DEL PCCMCA 1990.

ENTRADA	NOMBRE	INSTITUCION	PAIS	COLOR
1	CB x H3 501	C. BURKARD	Guatemala	Blanco
2	CB x HS 503	C. BURKARD	Guatemala	Blanco
3	CB x HS 505	C. BURKARD	Guatemala	Blanco
4	CB x HS 507	C. BURKARD	Guatemala	Blanco
5	HR-12	SEMINAL	Guatemala	Amarillo
6	HR-17	SEMINAL	Guatemala	Blanco
7	TACSA H203	TACSA	México	Amarillo
8	EXP. 114	ICTA	Guatemala	Amarillo
9	GB-39 x GB-41	ICTA	Guatemala	Blanco
10	MAX307	AGRIDEC	U.S.A.	Blanco
11	MAX311	AGRIDEC	U.S.A.	Blanco
12	MAX319	AGRIDEC	U.S.A.	Blanco
13	PIONNER WF6xCH53	PIONNER	U.S.A.	Amarillo
14	PIONNER WF6xCJ66	PIONNER	U.S.A.	Amarillo
15	H-30	DIA	Honduras	Blanco
16	H-33	DIA	Honduras	Blanco
17	H-29	DIA	Honduras	Blanco
18	H-5	CENTA	El Salvador	Blanco
19	H-53	CENTA	El Salvador	Blanco
20	H-56	CENTA	El Salvador	Blanco
21	HB-83	ICTA	Guatemala	Blanco
22	HC-43	UCR	Costa Rica	Blanco
23	GB-35xGB41	ICTA	Guatemala	Blanco
24	HA-46	ICTA	Guatemala	Amarillo
25	C-125N	CARGIL	México	Blanco
26	C-343	CARGIL	México	Blanco
27	C-385	CARGIL	México	Blanco
28	C-701	CARGIL	México	Amarillo
29	GB-43 x GB-45	ICTA	Guatemala	Blanco
30	HB-85	ICTA	Guatemala	Blanco
31	EXP. HOPM1	ICTA	Guatemala	Amarillo
32	EXP. HOPM2	ICTA	Guatemala	Amarillo
33	CB-XHS-502	C. BURKARD	Guatemala	Amarillo
34	CB-XGS-509	C. BURKARD	Guatemala	Blanco
35	CB-XHS-511	C. BURKARD	Guatemala	Blanco
36	CB-XHS-513	C. BURKARD	Guatemala	Blanco

CUADRO 2. ESTADÍSTICOS ESTIMADOS EN EL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE 36 HÍBRIDOS DE MAÍZ EVALUADOS EN 20 LOCALIDADES DE NORTE Y CENTRO AMÉRICA, EL CARIBE Y VENEZUELA. PCCMCA, 1990.

PAIS	LOCALIDAD	CODIGO	MEDIA	C.V.	Fa=.001	MDS a=.05	DEE
Guatemala	Tiquizate	9001	3.18	12.8	**	0.813	0.575
Guatemala	Cuyuta	9002	3.56	11.9	**	0.790	0.559
Guatemala	La Máquina	9003	5.53	7.1	**	0.730	0.516
Guatemala	San Jerónimo	9004	8.29	5.0	**	0.786	0.558
Honduras	Danlí	9005	4.95	17.1	**	1.610	1.140
Honduras	Omonita	9006	6.77	7.7	**	0.963	0.681
Honduras	Zamorano	9007	5.33	9.4	**	0.946	0.669
Honduras	La Ceiba	9008	4.24	19.8	**	1.580	1.11
El Salvador	Santa Cruz	9009	5.19	8.7	**	0.587	0.614
El Salvador	San Andrés	9010	4.70	6.9	**	0.628	0.444
Nicaragua	Jalapa	9011	6.42	9.1	**	1.140	0.807
Nicaragua	San Cristobal	9012	2.21	13.6	**	0.590	0.421
Costa Rica	Alajuela	9013	8.24	6.4	**	0.987	0.697
Panamá	La Honda	9015	5.76	7.2	**	0.591	0.418
Panamá	Parita	9016	4.90	7.2	**	0.651	0.460
Rep. Dominicana	San Cristobal	9017	3.72	11.7	**	0.800	0.566
México	Tapachula	9020	6.30	6.9	**	0.837	0.592
México	Guadalajara	9021	6.85	19.2	**	1.860	1.330
Venezuela	Maracay	9022	3.63	11.4	**	0.588	0.415
U.S.A.	Weslaco	9023	2.66	18.1	**	0.888	0.628
Guatemala	Las Vegas	9025	5.48	6.7	**	0.674	0.477
El Salvador	Agroconsa	9026	3.36	15.1	**	0.979	0.692

CUADRO 3. MEDIAS DE RENDIMIENTO E INDICES AMBIENTALES DE 36 HIBRIDOS DE MAIZ, EVALUADOS EN 20 AMBIENTES DE CENTROAMERICA Y EL CARIBE, MEXICO Y E.E.U.U., POCHUCA 1999.

HB	9001	9002	9003	9004	9025	9005	9006	9008	9007	9009	9010	9026	9011	9013	9015	9016	9017	9020	9021	9023	X
1	3.22	3.72	5.49	8.66	6.10	3.54	7.09	4.70	5.51	5.34	5.02	3.48	7.11	8.81	6.25	5.14	3.22	6.90	7.40	2.31	5.46
2	3.01	3.65	5.45	8.27	5.90	4.40	7.28	4.63	5.09	5.42	4.75	2.86	6.93	8.85	5.76	4.77	4.32	6.34	6.65	2.32	5.35
3	2.72	3.35	4.95	6.33	5.46	4.03	6.71	4.32	4.07	4.90	3.85	3.87	6.44	7.78	5.18	4.62	4.39	6.19	5.59	2.20	4.95
4	3.39	4.34	5.56	8.24	5.68	5.96	6.92	4.98	4.85	5.39	4.95	3.80	7.59	10.00	6.25	5.69	4.63	6.45	5.19	2.51	5.63
5	3.54	3.19	5.22	8.25	5.47	5.00	6.97	3.24	5.95	5.04	4.69	3.42	6.97	8.20	5.56	4.29	2.95	6.46	7.13	2.23	5.17
6	3.69	3.45	5.00	7.87	5.78	4.87	6.92	4.81	5.44	4.90	4.45	3.14	6.07	8.42	5.61	4.52	3.09	6.63	7.49	2.08	5.23
7	3.97	3.83	5.06	7.94	5.48	4.87	6.58	3.88	4.79	5.10	4.64	3.23	6.21	8.12	5.58	4.09	3.37	7.06	6.38	3.75	5.18
8	3.10	3.48	5.19	7.18	5.37	5.00	5.96	2.25	5.09	3.96	4.23	3.42	6.32	7.37	5.30	4.58	2.75	5.72	5.96	2.27	4.72
9	2.89	3.38	5.20	6.59	5.04	4.12	4.98	3.61	5.32	4.77	4.28	2.01	5.78	6.16	5.37	4.94	2.57	5.91	5.87	2.78	4.55
10	2.57	4.01	5.57	8.30	5.50	6.13	7.19	5.40	5.48	5.03	4.43	3.71	5.59	7.98	6.07	5.20	4.85	6.53	7.37	2.20	5.44
11	3.54	3.97	5.61	8.68	5.52	5.12	7.44	4.27	6.64	5.58	4.72	3.45	5.84	8.17	5.96	4.99	3.35	6.76	7.43	1.90	5.40
12	2.66	2.80	4.33	6.60	4.80	5.07	6.04	2.66	5.46	4.57	3.43	2.80	5.30	6.63	5.34	4.08	2.79	4.66	7.70	1.44	4.44
13	3.00	4.44	5.39	8.13	5.16	4.96	6.70	3.65	5.45	4.83	4.91	3.12	6.33	8.37	5.76	4.93	4.25	6.49	7.37	3.36	5.33
14	3.74	3.31	4.83	6.48	4.77	5.25	6.64	4.48	5.74	4.24	4.59	2.97	6.78	7.69	4.96	4.92	4.16	5.56	7.48	3.54	5.22
15	3.07	3.12	6.11	9.33	5.46	3.77	8.24	4.62	5.18	5.94	5.34	4.31	7.58	9.56	6.65	5.49	3.67	6.88	8.19	2.87	5.77
16	3.29	3.16	5.70	8.76	5.45	5.39	6.91	4.16	5.29	5.73	4.47	3.54	5.76	9.89	6.10	5.09	4.07	6.60	5.17	3.09	5.38
17	2.83	3.73	5.37	8.43	5.62	4.92	6.67	5.06	6.19	6.03	5.16	3.01	5.62	8.44	6.46	5.20	3.87	6.19	6.90	3.08	5.42
18	1.88	2.59	4.51	7.34	5.13	4.16	6.21	4.25	5.07	5.07	3.99	3.38	5.59	8.56	5.17	4.48	3.66	4.85	6.42	2.11	4.73
19	3.35	4.16	4.94	8.74	6.21	4.96	6.45	4.75	5.26	5.11	4.73	3.65	7.49	8.53	5.25	5.36	5.21	6.54	6.55	2.15	5.49
20	2.37	3.07	5.22	8.51	5.10	5.10	7.58	2.85	5.34	5.88	4.62	2.97	6.67	8.41	6.18	5.89	4.21	5.97	6.69	3.68	5.33
21	3.49	3.78	5.33	8.59	5.92	5.20	7.34	3.89	6.66	6.11	5.17	4.37	6.15	8.23	6.14	5.13	3.46	7.18	7.21	3.05	5.62
22	2.88	3.75	5.12	9.20	5.55	5.95	7.78	4.43	5.87	4.42	4.91	3.36	6.16	8.28	6.16	4.80	4.23	5.62	7.19	2.35	5.41
23	3.67	3.55	5.61	8.62	5.92	4.38	6.95	4.24	6.24	6.28	5.78	3.22	7.04	10.59	6.46	6.12	4.09	7.67	6.67	3.22	5.80
24	3.34	3.58	5.43	8.15	5.34	5.44	6.69	4.28	5.65	5.64	4.27	3.26	7.50	8.22	5.20	4.85	2.92	6.08	6.58	2.63	5.26
25	3.28	3.27	4.17	7.51	4.07	4.19	5.84	3.23	4.83	4.36	3.88	2.64	4.19	7.61	4.76	4.45	2.98	4.42	7.70	2.65	5.49
26	4.38	4.22	5.51	9.19	6.01	6.98	8.14	5.30	4.91	5.80	5.51	3.85	6.46	8.14	7.19	5.48	3.17	6.93	6.46	4.19	5.85

CONT. CUADRO 3

27	3.73	3.87	5.71	8.56	5.56	5.80	6.50	4.35	5.77	5.17	5.11	2.90	6.10	8.43	6.23	5.33	3.28	6.44	8.37	3.67	5.53
28	3.22	3.68	4.65	8.14	4.92	5.39	5.43	4.12	5.28	5.27	4.02	2.92	5.42	8.39	5.58	4.89	4.20	5.28	8.78	2.30	5.09
29	3.92	4.16	5.92	9.09	5.79	5.05	6.20	4.76	6.28	5.37	5.28	3.57	9.58	8.92	5.60	4.71	3.40	7.20	7.12	2.04	5.67
30	3.64	4.24	5.98	9.32	6.25	6.04	6.49	5.36	5.44	5.81	5.49	3.65	6.87	8.19	7.11	5.04	4.65	7.69	6.60	3.15	5.86
31	2.62	3.20	4.50	7.38	4.72	2.98	5.69	3.25	4.24	4.82	4.14	3.55	5.48	6.05	5.01	3.91	1.74	5.42	6.31	3.01	4.42
32	2.72	2.88	5.19	7.81	5.30	4.11	6.10	4.01	4.65	4.47	5.06	3.27	5.95	6.36	5.42	4.62	2.58	6.07	6.82	2.16	4.80
33	3.18	2.84	4.63	7.77	5.13	5.09	7.07	4.04	4.71	5.14	4.43	4.13	5.92	7.14	5.57	4.98	3.50	6.13	6.43	2.30	5.02
34	2.35	3.40	4.87	8.86	5.79	4.75	7.16	5.08	4.76	5.24	5.08	3.36	7.81	8.97	5.50	4.72	4.88	6.53	6.41	3.18	5.45
35	3.39	3.54	5.43	8.92	5.93	4.56	7.81	5.76	5.19	5.52	5.27	3.22	7.86	9.79	5.44	4.57	4.88	6.98	6.92	3.06	5.70
36	3.09	3.32	5.36	8.45	5.96	5.74	7.20	4.08	4.34	4.68	4.47	3.58	4.66	7.63	5.55	4.65	4.53	6.54	6.42	1.27	5.09
-----																					
X	3.19	3.56	5.23	8.28	5.48	4.95	6.77	4.24	5.33	5.19	4.70	3.36	6.42	8.25	5.77	4.90	3.72	6.30	6.86	2.67	5.26
IJ	-2.07	-1.70	-0.03	3.02	0.22	-0.31	1.51	-1.02	0.07	-0.07	-0.56	-1.90	1.16	2.99	0.51	-0.36	-1.54	1.04	1.60	-2.59	
=====																					

CUADRO 4. ESTADISTICOS ESTIMADOS EN EL ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA 36 HIBRIDOS EVALUADOS EN 20 LOCALIDADES DE NORTE Y CENTRO AMERICA, EL CARIBE Y VENEZUELA. PCCMCA, 1990.

Variable Estadística	Rend	M. Desc %	M. Pod %	Prol %	Dias Flor	Alt. M. ca
Media	5.25	5.87	8.07	97.00	55	1.22
C.V. %	13.52	10.46	10.86	9.61	2.22	1.76
MDSH	0.490	4.49	4.08	7.78	1.02	10.29
D.E.E.	0.7032	0.92	0.87	9.32	1.22	2.14
HXA	##	##	##	##	##	##
MAX	5.85	16.00	12.41	1.09	58	1.43
MIN	4.41	4.38	4.38	88	52	92

CUADRO 5. MEDIAS DE RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 36 HIBRIDOS DE MAIZ EVALUADOS EN VEINTE AMBIENTES DE NORTE, CENTRO AMERICA Y EL CARIBE. PCCMCA, 1990.

Hibridos	Rend. Tm/ha	% de H-5	Df	Alt'm Cos	Mdes %	Mzpo %	Prol %
HB-85	5.85	124	54	120	8.06	7.21	97
C-343	5.83	124	55	110	8.83	7.02	101
GB-35xGB-41	5.81	123	55	116	6.44	4.41	96
H-30	5.76	122	56	130	9.44	8.33	97
CB-XHS-511	5.68	120	55	122	8.94	6.89	93
CB-XHS-507	5.63	119	55	124	7.40	6.93	94
HB-83	5.61	119	56	119	7.47	6.45	96
GB-43xGB-45	5.61	119	58	116	5.70	6.23	100
C-385	5.53	117	56	111	13.32	9.87	100
H-53	5.48	117	55	127	9.35	5.59	93
CB-HS-501	5.47	117	55	140	7.35	9.71	96
CB-XHS-509	5.45	115	56	128	9.11	9.11	92
MAX307	5.43	115	56	127	16.70	7.27	97
HC-43	5.41	114	56	120	10.09	10.89	98
H-29	5.40	114	57	132	8.19	7.95	96
MAX311	5.38	114	56	124	10.13	5.61	100
H-33	5.38	114	57	131	7.31	8.65	101
CB-XHS--503	5.37	114	55	133	7.98	8.49	89
H-56	5.34	113	58	144	9.95	12.33	93
WF6xCH53	5.33	113	55	114	10.60	8.39	99
HA-46	5.26	111	56	112	5.25	5.52	109
HR-17	5.23	111	55	114	7.68	7.44	98
WF6xCJ66	5.23	111	57	128	8.66	7.36	99
HR-12	5.17	109	55	123	14.62	9.06	98
H-203	5.17	109	55	123	12.34	7.77	100
C-701	5.14	109	55	106	12.36	10.26	98
CB-XHS-513	5.09	109	55	134	8.93	9.63	89
CB-XHS-505	5.03	106	56	135	10.81	10.86	90
CB-XHS-502	5.01	106	55	127	9.53	7.31	98
EXP. HQPM2	4.73	100	52	121	9.68	8.67	102
H-5	4.72	100	58	137	4.50	8.49	92
EXP. 114	4.72	100	56	106	5.32	5.79	100
GB-39xGB-41	4.56	97	56	102	5.12	7.44	105
C-125W	4.50	95	56	120	6.96	7.71	95
MAX319	4.43	94	55	92	4.44	11.70	90
EXP. HQPM1	4.42	93	53	120	10.89	8.28	99
DMSH	0.49		1	10	4.49	4.08	8

CUADRO 6. COEFICIENTES DE CORRELACION SIMPLE ENTRE RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS. PCCMCA, 1990.

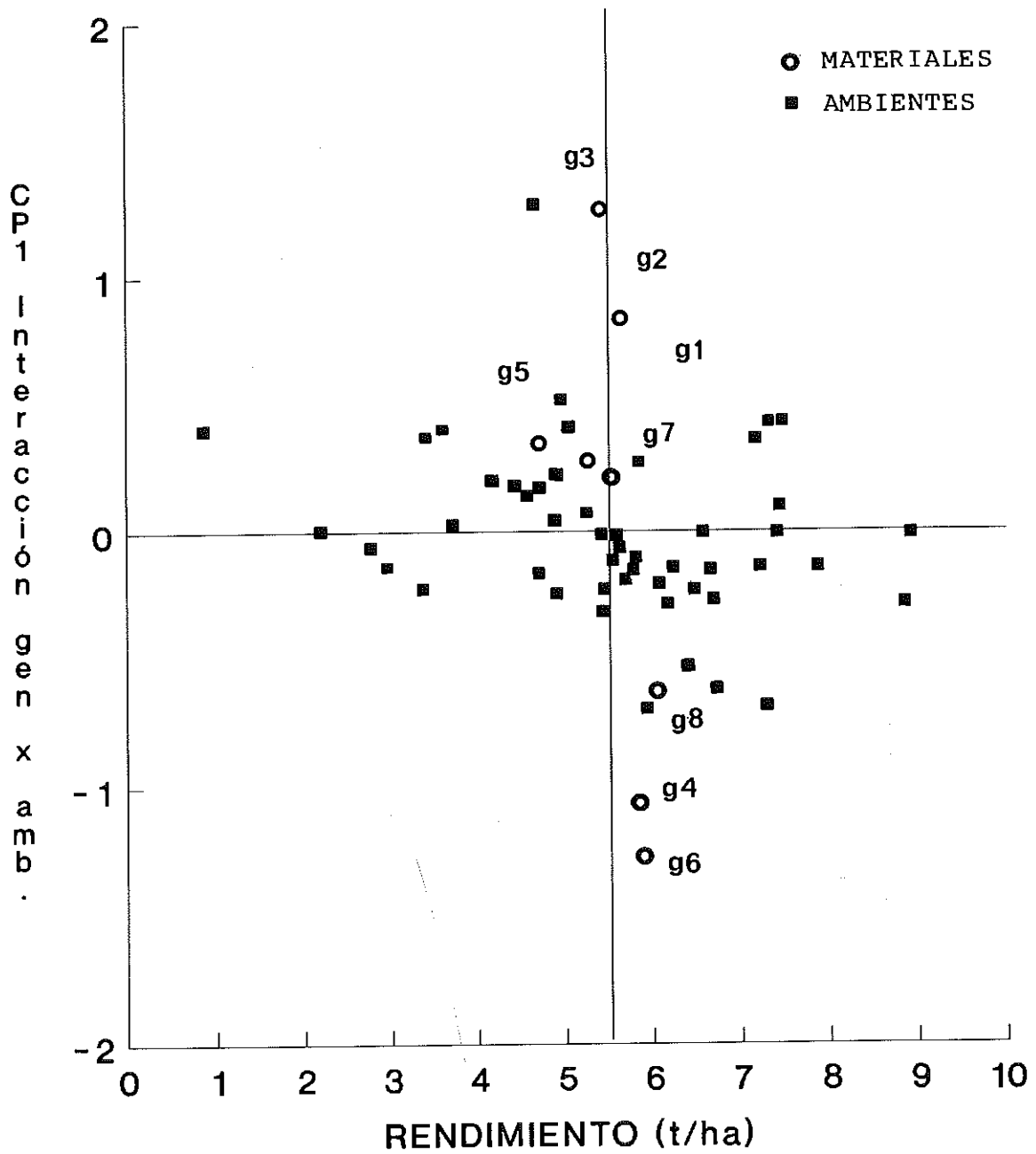
Variables	Rend.	M. Desc.	M. Pod.	Prolif.	Acame
Rend.		NS	-0.53**	0.30**	-0.55**
M. Desc.			NS	NS	NS
M. Pod.				NS	-0.58**
Prolif.					NS
Acame					



CUADRO 7. MEDIAS Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE 36 HIBRIDOS DE MAIZ EVALUADOS EN 20 AMBIENTES DE NORTE Y CENTRO AMERICA, EL CARIBE Y VENEZUELA. PCCMCA, 1990.

Hibridos	Tm/ha	% de H-5	Bi	Sdi2	r
HB-85	5.85	124	0.980	0.070	0.96
C-343	5.85	124	0.920	0.110*	0.90
GB-35xGB-41	5.79	123	1.160*	0.095	0.95
H-30	5.76	122	1.280**	0.084	0.96
CB-XHS-511	5.68	120	1.140*	0.100*	0.95
CB-XHS-507	5.63	119	1.070	0.086	0.95
HB-83	5.61	119	1.020	0.060	0.97
GB-43xGB-45	5.61	119	1.180**	1.280**	0.91
C-385	5.53	117	0.917	0.057	0.97
H-53	5.48	117	1.000	0.086	0.95
CB-HS-501	5.47	117	1.150*	0.072	0.97
CB-XHS-509	5.44	115	1.100	0.092	0.95
MAX307	5.42	115	0.940	0.092	0.93
HC-43	5.40	114	1.080	0.082	0.95
H-29	5.40	114	0.954	0.068	0.96
MAX311	5.38	114	1.070	0.073	0.96
H-33	5.37	114	1.120*	0.072	0.97
CB-XHS--503	5.37	114	1.080	0.051	0.98
H-56	5.34	113	1.060	0.099	0.94
WF6xCH53	5.33	113	0.916	0.055	0.97
HA-46	5.26	111	1.030	0.067	0.97
HR-17	5.23	111	1.020	0.057	0.97
WF6xCJ66	5.22	111	0.850*	0.077	0.94
HR-12	5.17	109	1.100	0.063	0.97
H-203	5.17	109	0.880*	0.071	0.95
C-701	5.14	109	0.900	0.078	0.94
CB-XHS-513	5.09	108	1.020	0.111*	0.91
CB-XHS-505	5.03	106	1.010	0.071	0.96
CB-XHS-502	5.01	106	0.940	0.053	0.97
EXP. HQPM2	4.73	100	0.918	0.074	0.95
H-5	4.72	100	1.030	0.073	0.96
EXP. 114	4.72	100	0.720**	0.130*	0.90
GB-39xGB-41	4.59	97	0.713**	0.076	0.92
C-125W	4.50	95	0.821*	0.081	0.93
MAX319	4.43	94	0.890*	0.083	0.93
EXP. QPM1	4.41	93	0.828*	0.090	0.91
MDS	0.49				

FIG.1. RESPUESTA DIFERENCIAL PARA RENDIMIENTO DE 8 HIBRIDOS DE MAIZ EVALUADOS EN 51 AMBIENTES DE PCCMCA, 1988-90.



CUADRO 8. MEDIAS DE RENDIMIENTO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE HIBRIDOS DE MAIZ EVALUADOS EN 52 AMBIENTES DE NORTE Y CENTRO AMERICA, EL CARIBE Y VENEZUELA. PCCMCA, 1988-1990.

Hibridos	Tm/ha	% de H-5	Bi	Sdi2
HB-85	6.00	127	1.10	0.076
HB-83	5.73	122	1.06	0.067
H-30	5.72	122	1.22***	0.088
MAX-307	5.55	117	0.93	0.155†
HA-46	5.53	117	1.07	0.160†
XCH-53	5.34	113	1.01	0.230***
HR-17	5.22	110	1.12	0.050
H-5	4.72	100	1.09	0.085
MDSH	0.403			

CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO PARA ESTIMAR LOS VALORES ADITIVOS DE GENOTIPO, SU INTERACCION. MODELO AMMI. PCCMCA 1990.

Fuente	GL	SC	CM	Fa = 0.01
Ambiente	50	3156.07	63.12	***
Genotipos	7	187.46	26.78	***
GxA	350	446.48	1.27	***
PCA 1	56	128.91	2.30	***
Residual	294	317.56	1.08	***
Error	1071	602.06	0.56	***

# DETERMINACION DE LA ADAPTACION DE CULTIVARES DE MAIZ A AMBIENTES DIVERSOS DE HAITI

O. Guido<sup>1</sup>; H. Cordova<sup>2</sup>; A. Gestin<sup>3</sup>; L. Eugene<sup>4</sup>

## RESUMEN

Con el objetivo de identificar nuevas alternativas que permitan incrementar la productividad del cultivo del maíz en Haití, se estableció un convenio entre el Centro de Investigación Agrícola de Haití (CRDA), FAO y CIMMYT para evaluar nuevas variedades de maíz de polinización libre.

En 1990, se condujeron nueve experimentos en áreas representativas de las zonas productoras de maíz. Estos experimentos incluyeron la evaluación de 10 cultivares de maíz bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, las variedades evaluadas fueron: rendimiento, pudrición de mazorca, días a flor femenina, altura de mazorca y enfermedades foliares.

Los análisis de varianza demostraron diferencias significativas entre cultivares para todas las variables de interés económico. El análisis de contrastes ortogonales demostró una diferencia altamente significativa ( $\alpha < 0.001$ ) para rendimiento entre la nueva varie-

dad Comayagua 8528 y la variedad local que fue superada hasta en 40% (1000 kg/ha). Se sugiere la validación de la variedad Comayagua 8528, asociada a un programa de semilla para el pequeño agricultor.

## INTRODUCCION

El maíz constituye uno de los componentes básicos de la dieta alimentaria de la población haitiana. La producción anual se ubica alrededor de los 236,000 Tm (período 1950-1979) en una superficie de unas 250,000 ha. Hoy día, las áreas dedicadas al cultivo del maíz a través del país alcanzan las 350,000 ha. Sin embargo, la productividad es muy baja, se estimó alrededor de los 800 kg/ha. Una de las razones de esto, es el uso de materiales locales de bajo rendimiento, aunque reúnan algunas características agronómicas de gran aceptación para nuestro pequeño agricultor.

- 
- 1 Economista de CIMMYT en Haití
  - 2 Representante Regional de CIMMYT para Centro América y El Caribe.
  - 3 Especialista en Semillas, FAO, Haití.
  - 4 Ing. Agrónomo, CRDA. Haití.

En 1983, se seleccionaron dos variedades mejoradas (La Máquina 7928 y 7827), pero el estudio fue concentrado en la parte Sur del país. En el año 1990, el CRDA con el apoyo técnico y financiero de la FAO y el CIMMYT estableció 18 ensayos a nivel nacional orientados a identificar nuevas variedades adaptadas y con mejor potencial de rendimiento. Ocho variedades del CIMMYT fueron evaluados en comparación a dos variedades criollas y en 18 ambientes diversos del país.

El objetivo principal fue de seleccionar una o dos variedades de maíz precoces de alto rendimiento y adaptadas a las condiciones agroeconómicas del pequeño agricultor haitiano.

#### **MATERIALES Y METODOS**

En la temporada lluviosa del año 1990 (marzo a julio), se establecieron 18 ensayos por todo el país, prioritariamente en las zonas productoras de maíz. En el Cuadro 1, se presentan algunas características climáticas de esas áreas. En general, se puede decir que todos los ambientes considerados en el trabajo están ubicados entre los 0 y 250 msnm con un rango de precipitación pluvial anual de 800 a 1900 mm. Globalmente, los suelos tienen material parental subyacente de naturaleza calcárea.

El estudio incluyó la evaluación de 8 variedades del CIMMYT y miembros de las

poblaciones 27, 28, 31 y 36. En cada ensayo se incluyeron 2 testigos: uno nacional (Chicken Corn) y uno local representativo del agricultor de cada región. En el Cuadro 2, se presenta un listado de las variedades evaluadas en los experimentos.

El diseño experimental utilizado fue de bloque completo al azar (RCB) con 4 repeticiones. El manejo experimental fue mantenido igual en todas partes. El tamaño de las unidades experimentales fue de 4 surcos de 5 m de largo cada uno. La distancia de 75 cm fue la observada entre surcos vecinos, mientras que la de 50 cm se observó entre dos posturas vecinas. Se sembraron 3 semillas por postura y más tarde se raleó dejando 2 plantas, lo cual dió como resultado una población de 53,000 plantas por hectáreas.

Las fechas de siembra variaron entre regiones en función de las condiciones prevalecientes. Para el control de malezas se utilizó el azadón, herramienta generalmente involucrada en ésta operación cultural. Asimismo, se controlaron insectos y plagas aplicando el Furadan granulado, 30 días después de la siembra (DDS). Los fertilizantes se aplicaron en 2 fracciones: una aplicación básica en la época de la siembra y la segunda consistió en urea y se realizó a los 35 DDS.

Se cosecharon los 2 surcos centrales para determinar el rendimiento de grano, número de plantas cosechadas, alturas de planta y mazorca, porcentaje de humedad del grano, mazorcas podridas (%), mazorcas descubiertas (%), incidencia de enfermedades e insectos. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente por región y además en análisis combinado. También se realizó una prueba utilizando contrastes ortogonales.

### RESULTADOS Y DISCUSION

De los 18 ensayos establecidos se cosecharon 9, de los cuales 7 se analizaron. Los 9 restantes se perdieron por factores no controlables, tales como: sequía, daño de animales e inundación. De los 7 ensayos analizados, apenas 5 pudieron ser incluidos en el análisis combinado.

En el Cuadro 2, se presenta las medias de rendimiento de los cultivares por localidad y en combinado. La variedad COMAYAGUA 8528 ocupó el primer lugar en el combinado y superó significativamente a los criollos locales (3650 vs 2590 y 2540 kg/ha). Se observa que en la región H9007 no hubo diferencia significativa entre variedades aunque para el combinado, la diferencia salió altamente significativa. La razón de esto fue, probablemente, que las condiciones en que se realizó el ensayo fueron difíciles y que las variedades mejoradas no

podieron expresar adecuadamente su potencial. Igualmente, el coeficiente de variación salió muy alto para esta región.

Comparaciones de contrastes ortogonales que aparecen en el Cuadro 4, mostraron una diferencia altamente significativa ( $p < 1\%$ ) entre la COMAYAGUA 8528 y los criollos locales, lo cual comprobó la superioridad en término de rendimiento de la variedad COMAYAGUA 8528 sobre la Máquina 7827 con respecto a los testigos.

El Cuadro 5, presenta las características agronómicas de los cultivares evaluados en las 5 regiones. Estas características son bastante similares para todas las variedades, excepto en las alturas de planta y mazorca de la variedad local (230 y 116 cm) que salieron muy grandes con respecto a las otras variedades, inclusive tardó más para la aparición de la florecencia femenina (62 días) y su producción de materia seca dia/ha es más baja (21 kg/día), mientras que la más alta producción fue realizada por la variedad Comayagua 8528.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La variedad Comayagua 8528 superó significativamente a los criollos locales. Esta variedad rindió 3650 kg/ha, lo cual

significa 1110 kg (44%) y 1060 kg/ha (41%) sobre los dos cultivos locales (Chicken Corn y variedad local).

2. El análisis de contrastes ortogonales comprobó lo anterior con una probabilidad de  $\alpha \leq 0.001$  \*\*, mostrando la confiabilidad de los resultados.
3. La Comayagua 8528 donde fue evaluada mostró consistencia en su respuesta a todos los ambientes favorables o no.
4. Se recomienda su validación y promoción asociada con un programa de producción de semilla para el pequeño agricultor.

#### AGRADECIMIENTOS

Sería una ingratitud no agradecer:

Al Dr. Max Millien, Director del CRDA, por su apoyo moral y consejos técnicos.

A los agrónomos Gérard Alexis, Director del Programa Nacional de Desarrollo y Transferencia de Tecnología para la Producción del Maíz en Haití y Mirlene Chrysostome.

A todos los agrónomos quienes de una manera u otra se esforzaron para hacer posible la realización de este trabajo.

CUADRO I. CARACTERISTICAS CLIMATICAS DE LOS AMBIENTES EN LOS CUALES SE EVALUARDN CULTIVARES DE MAIZ DE POLINIZACION LIBRE. 1990.

Ambiente	Codigo	Lluvia (mm)	Altitud (m)	Coordenadas
Petit Goave	H9001	1356	10	18°26'72"52'
L'Azile	H9002	-	-	
Maissade	H9005	1900	250	19°11'72"08'
Camp-Perrin	H9006	1800	160	18°18'73"51'
Artibonite	H9007	907	25	19°09'72"37'
Thonazeau		839	-	18°39'72"06'
Grande Anse		1463	40	18°29'74"17'
Belladeres		1526	-	
Grisson-Garde		-	-	

Petit Seminaire, 1907-1964



CUADRO 2. MEDIAS DE RENDIMIENTO E INDICES AMBIENTALES PARA 10 CULTIVARES DE MAIZ EVALUADOS EN CINCO AMBIENTES DE HAITI. 1990.

Ambientes	H9001	H9002	H9005	H9006	H9007	Comb 4	Comb 5
Comayagua 8528	4.87	4.84	3.98	2.77	1.79	4.11	3.65
P. Rica 8536	4.91	4.40	4.03	1.95	1.70	3.82	3.40
Maquina 7827	4.12	4.82	3.25	2.35	1.70	3.63	3.25
Maquina 7928	4.21	4.49	3.17	2.30	1.69	3.54	3.17
Muneng 8427	4.40	4.37	2.98	2.10	1.90	3.46	3.15
Cesda 88	4.31	4.21	3.27	1.56	1.71	3.33	3.01
Suvan 8531	3.51	3.67	2.70	2.26	2.16	3.03	2.86
C. Locales	2.62	3.64	2.76	2.04	1.91	2.76	2.59
Ch. Corn	3.50	3.45	2.40	1.71	1.65	2.76	2.54
Suvan-I C9	4.16	2.18	1.52	2.15	1.24	2.50	2.29
$\bar{x}$	4.06	4.00	3.00	2.11	1.74	3.29	2.98
LA 1	1.08	1.02	0.02	-0.87	-1.23		

1- Indices ambientales

CUADRO 3. ESTADISTICOS ESTIMADOS EN EL ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE 10 CULTIVARES EVALUADOS EN CINCO LOCALIDADES DE HAITI, 1990.

ESTADISTICOS	L O C A L I D A D E S					Combinado
	H9001	H9002	H9005	H9006	H9007	
Medias	4.06	4.01	3.00	2.12	1.74	2.98
F	**	**	**	**	NS	**
MDSH	1.522	1.855	1.510	0.760	NS	0.859
DE	0.625	0.760	0.622	0.311	0.716	0.625
CV	15	18	20	14	41	21

CUADRO 4. COMPARACIONES DE CONTRASTES ORTOGONALES ENTRE CULTIVARES DE MAIZ PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO EN EL ANALISIS COMBINADO DE CINCO LOCALIDADES DE HAITI, 1990.

CULTIVARES	kg/ha	DIF	F	Pr > F
Comayagua 8528	3650			
Vs criollo local	2590	1060	7.65**	0.0062
Vs Chicken Corn	2540	1110	8.45**	0.0041
Vs Suwan (1) C9	2290	1360	13.55**	0.0003
Vs Suwan 8531	2860	790	4.28**	0.0399
Maquina 7827	3250			
Vs criollo local	2590	660	2.96	0.087
Vs Chicken Corn	2540	710	3.46*	0.064

CUADRO 5. MEDIAS DE RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LAS VARIETADES DE MAIZ, EVALUADAS EN CINCO LOCALIDADES DE HAITI, 1990.

Variedades	ton/ha	% C. Local	Dias a Flor	Altura de Planta (cm)	Altura de Mazorca (cm)	% mazor descub	% mazor podrid	kg/día /ha
Comayagua 8528	3.65	140	55	183	88	5.75	5.25	34.75
Poza Rica	3.40	131	55	178	82	5.75	5.64	32.38
Maquina 7827	3.25	125	56	183	86	5.25	4.75	30.09
Maquina 7928	3.17	122	56	183	88	7.25	9.92	29.35
Muneng 8427	3.15	121	56	179	86	5.50	4.50	29.16
Cesda 88	3.01	121	54	185	85	6.50	3.44	30.68
Suwan 8531	2.86	110	50	165	74	6.75	5.25	28.60
C. Locales	2.59	100	62	230	116	5.50	5.27	21.00
Ch. Corn	2.54	98	54	182	85	6.00	4.66	24.00
Suwan-1 C9	2.29	88	54	172	76	8.00	6.03	21.80

DETERMINACION DE LA ADAPTACION DE VARIEDADES SINTETICAS DE  
MAIZ (Zea mays L.) CON TOLERANCIA A SEQUIA A AMBIENTES  
MARGINALES DE CENTROAMERICA. 1990-A.

R. Reyes <sup>1</sup>; A. Aguiluz <sup>2</sup>; J. L. Zea <sup>3</sup>;  
L. F. Suazo, T. Dubón <sup>4</sup>; L. Brizuela <sup>5</sup>

### INTRODUCCION

El desarrollo de germoplasma para zonas de escasa y errática precipitación ha sido uno de los proyectos colaborativos regionales por parte del CIMMYT, en donde los países de Guatemala, El Salvador y Honduras han obtenido ciertos logros al desarrollar variedades con tolerancia a condiciones de humedad limitada, tal es el caso de CENTA Pasquina en El Salvador y Chorotega B-105 en Honduras.

En base a lo anterior, durante el ciclo de Primera de 1990-A se establecieron una serie de ensayos regionales a nivel de finca, para evaluar los materiales desarrollados por el proyecto colaborativo.

### OBJETIVOS

Evaluar los siete materiales del Proyecto de Sequía y medir la adaptación en condiciones del agricultor.

Medir la adaptabilidad a través de los diferentes ambientes contrastantes de los materiales en evaluación.

### REVISION DE LITERATURA

McPherson y Boyer (1977), sometieron a condiciones de sequía plantas de maíz antes de la floración y durante el llenado de granos, o sea inmediatamente después de la polinización; la fotosíntesis llegó virtualmente a cero; sin embargo, el rendimiento estuvo entre el 47% y 69% con respecto al testigo. El desarrollo del grano dependió en cierto modo, de los fotosintatos acumulados antes de la desecación, ya que el desarrollo del grano del maíz depende por entero de la translocación; lo que indicó que la misma continúa a pesar del cese de la fotosíntesis. Concluye que la translocación está menos inhibida que la fotosíntesis durante la sequía.

- 
- <sup>1</sup> Técnico del Programa de Maíz. Recursos Naturales. Honduras C. A.
  - <sup>2</sup> Coordinador del Programa de Maíz, CENTA. El Salvador.
  - <sup>3</sup> Técnico del ICTA. Guatemala. C. A.
  - <sup>4</sup> Técnicos de la Secretaria de Recursos Naturales, Honduras, C. A.
  - <sup>5</sup> Coordinador Programa de Maíz. Recursos Naturales, Honduras. C. A.

Dale y Shaw (1965), Corsi y Shaw (1971), Shaw y Felch (1972), han desarrollado un índice de sequía basándose en el balance diario entre la humedad del suelo y la demanda atmosférica.

Dale y Shaw (1965), consideraron cualquier día con una reducción en evapotranspiración de la tasa potencial como un día de sequía. La correlación más alta con el rendimiento se encontró en el período comprendido entre las seis semanas antes y tres semanas después de la floración femenina. La reducción en evapotranspiración real de la evapotranspiración potencial es la base para el índice. Por ejemplo, si la evapotranspiración real para un día se estimó como 0.20, pero la evapotranspiración potencial fue de 0.30; el índice de tensión para tal día sería igual a:

$$I = 1 - \frac{0.20}{0.30} = 0.33$$

Ese índice acumulado sobre el período comprendido desde el 27 de junio al 31 de agosto ha mostrado una alta correlación con el rendimiento de maíz.

Muñoz (1975), llegó a las siguientes conclusiones: los sintéticos seleccionados bajo sequía tuvieron mayor sensibilidad estomática que les permitió cerrar sus estomas a más altos potenciales hídricos, reduciendo la transpiración de manera más pronunciada, no así los sin-

téticos obtenidos bajo condiciones favorables de humedad. Es decir, los sintéticos de maíz seleccionados bajo sequía mostraron mayor eficiencia en el uso del agua.

Bolaños y Edmeades (1988), concluyeron que la sequía afecta el rendimiento del maíz tropical reduciendo el número de granos y mazorcas por planta, debido a un retraso en el intervalo de la floración y una pérdida de la viabilidad de los estigmas. Esta mayor viabilidad en el intervalo de la floración bajo sequía permite una identificación más fácil de las familias superiores.

Brizuela *et al.* (1987), en evaluaciones de familias de medios hermanos en condiciones de temporal y con cero labranza encontró materiales con alto potencial de rendimiento y que soportaron cierto nivel de sequía.

## MATERIALES Y METODOS

Durante la época de Primera de 1990, se prepararon un total de 19 experimentos regionales del Subproyecto de Sequía, en donde se evaluaron siete materiales mejorados: BS-19, HB-104, Sintético Local, Centa Pasaquina, Lujosa B-106, Sintético Regional y Chorotega B-105 y como testigo local la variedad Maicito. El diseño que se utilizó fue bloques completos al azar con tres repeticiones y la parcela experimental consistió de cuatro surcos por parcela. El largo del

surco fue de 5 m y, la separación oscila de 0.75 a 0.90 m. Los experimentos fueron distribuidos en las localidades de Comayagua, Occidente (Santa Rosa de Copán), Olancho, La Esperanza (zona baja) y Olancho para Honduras, dos experimentos fueron enviados a Guatemala y dos para El Salvador.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se describen los resultados del experimento establecido en la localidad de Guatemala, en donde se encontró diferencia significativa para la variedad de rendimiento, días a flor y porcentaje de mala cobertura. Los materiales que expresaron alto potencial de rendimiento fueron el Sintético Local, Sintético Regional y Chorotega B-105.

El experimento establecido en Honduras, Cuadro 2, expresó alta diferencia significativa para las variables rendimiento, días a flor, altura de planta, altura de mazorca, y porcentaje de mazorcas podridas, así como también significancia para porcentaje de mala cobertura. El mejor material con relación a rendimiento fue el HB-104 con 4.00 ton/ha.

En la localidad de El Salvador no hubo diferencias significativas para rendimiento en ambos experimentos (Cuadros 3 y 4). Únicamente para las variables altura de planta, altura de mazorca, acame de raíz y porcentaje de

mala cobertura (Cuadro 4). Los mejores materiales dentro de la evaluación fueron el Sintético Regional y Lujosa B-106 con 4.65 y 4.14 ton/ha, respectivamente, para la Localidad 1 y en la Localidad 2 sobresalió el material HB-104 con 2.87 ton/ha.

En los dos experimentos establecidos en la región del Sur de Honduras (Choluteca), no se encontró diferencia significativa entre tratamiento para la variable rendimiento (Cuadros 5 y 6); únicamente para días a flor, altura de planta, altura de mazorca y porcentaje de mala cobertura (Cuadro 6). En la localidad Choluteca-1 (Cuadro 5), hubo significancia para días a flor y no significancia para altura de planta, altura de mazorca, porcentaje de mala cobertura y porcentaje de mazorcas podridas.

En el análisis combinado de las seis localidades (Cuadro 7), se encontró diferencias significativas para las variables localidad, tratamiento y la interacción localidad x tratamiento. Al analizar la variable rendimiento se determinó que los mejores materiales fueron Sintético Regional y Sintético Local con 3.16 y 3.08 ton/ha, respectivamente.

Los coeficientes de correlaciones simples de rendimientos con ciertas características agronómicas (Cuadro 8), de acuerdo al análisis combinado indican la alta asociación existente entre rendimiento versus mazorcas podridas y porcen-

taje de acame de tallo con coeficientes de regresión (r) = -0.336\*\* y -0.365 \*\*, respectivamente.

En el Cuadro 10, se presentan los parámetros de estabilidad estimados para el análisis de varianza de estabilidad de los ocho materiales del Proyecto de Sequía. El modelo de Eberhart y Russell identificó a los materiales Chorotega B-105, CENTA Pasaquina y Sintético Local, como los más estables ( $B=1$ ,  $S_{di}^2=0$ ).

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a. De las seis localidades evaluadas, los materiales expresaron diferencia significativa para rendimiento, únicamente en la localidad de Guatemala y Comayagua, Honduras.
- b. Los materiales desarrollados por el Proyecto Colaborativo de Sequía mostraron ser superiores en las tres localidades en comparación con el testigo local.
- c. En promedio el mejor tratamiento fue la variedad Sintético Regional (3.16 ton/ha) que superó al testigo local (2.30 ton/ha), con 37%.
- d. Los materiales mejorados deben difundirse a través de los programas de transferencia que disponen los diferentes

países de Centroamérica.

- e. El análisis combinado de las seis localidades determinó alta diferencia significativa para los factores localidad, tratamiento y la interacción localidad x tratamiento.
- f. Los materiales más estables dentro de la evaluación según el modelo de Eberhart y Russell fueron Chorotega B-105, - CENTA Pasaquina, y Sintético Local ( $B=1$ ,  $S_{di}^2=0$ ).

#### BIBLIOGRAFIA

- BOLAÑOS, J. EDMEADES, G.O. (1988). La importancia del intervalo de la floración en el mejoramiento para la resistencia a sequía en maíz tropical; trabajo presentado en la XXXV Reunión Anual del PCCMCA; San Pedro Sula, abril 2-9, 1989.
- BRIZUELA, L. *et al.* (1987). Evaluación de familias de medios hermanos de la población tolerante a sequía en la Estación Experimental La Lujosa, Choluteca; Seminario de Sequía del 15 al 18 de febrero 1988. Choluteca, C.A.
- CORSI, C.W. AND SHAW, H.R. (1971). Evaluation of stress indices for corn. Iowa State Journal of Science Vol. 46. (1) 79-85.
- DALE, F.R. AND SHAW. H.R. (1965). Effects of corn yield of Moisture stress and

stand at two fertility levels. Agrom. J. 57: 475-479.

MCPERSON, G.H. AND BOYER, S. J. (1977). Regulation of grain yield by photosynthesis in maize subjected to water deficiency. Agrom. J. 69: 714-718.

MUÑOZ, O. A. (1975). Relaciones agua-planta bajo sequía, en varios sintéticos de maíz resistente a sequía y heladas. Tesis doctoral E.N.A.; Chapingo, México.

SHAW, H. R. AND FELCH, E. R. (1972). Climatology of a moisture stress index for Iowa and its relationship to corn yield Iowa state J. Sci: 46: 357-365.



CUADRO 1. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y ESTADISTICOS DEL EXPERIMENTO REGIONAL DE SEQUIA EN LA LOCALIDAD DE GUATEMALA. 1990-A.

No.	Nombre	Rend. Tm/ha	Días a Flor	Altura Pta. Mz.	% Mala Cob.	% Maz. Pod.
1	BS-19	4.08	58.00	181 116	13.22	23.31
2	HB-104	2.54	58.00	180 123	13.49	17.39
3	S. Local	5.17	58.66	181 105	21.65	28.32
4	C. Pasaquina	3.31	57.66	168 108	14.46	29.31
5	Lujosa B-106	3.22	58.66	181 125	11.69	39.81
6	S. Regional	4.46	58.66	180 120	10.17	17.86
7	Chorotega B-105	4.65	56.33	186 115	12.61	24.94
8	Maicito	3.90	56.33	181 115	2.26	13.75
	$\bar{x}$	3.92	57.41	180 116	12.44	24.34
	C.V. (%)	13.18	2.05	5.21 9.24	40.16	44.32
	F	**	**	NS NS	**	NS

CUADRO 2. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y ESTADISTICOS DEL EXPERIMENTO REGIONAL DE SEQUIA EN LA LOCALIDAD DE HONDURAS, 1990-A.

No.	Nombre	Rend. Tm/ha	Dias a Flor	Altura		% Mala Cob.	% Maz. Pod.
				Pta.	Mz.		
1	BS-19	2.81	48.66	175	75	2.66	6.15
2	HB-104	4.00	49.33	213	113	2.89	5.03
3	S. Local	2.93	53.00	150	75	15.71	5.79
4	C. Pasaquina	2.82	53.33	180	106	4.77	6.60
5	Lujosa B-106	3.28	52.66	185	96	4.13	3.75
6	S. Regional	2.80	49.33	176	90	9.76	12.93
7	Chorotega B-105	3.85	50.00	186	101	11.51	7.02
8	Maicito	1.73	41.33	178	100	5.73	17.82
	$\bar{X}$	3.03	48.70	180	94	7.14	7.89
	C.V. (%)	29.49	5.21	9.83	8.23	74.35	58.78
	F	**	**	**	**	*	**

CUADRO 3. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y ESTADISTICOS DEL EXPERIMENTO REGIONAL DE SEQUIA EN LA LOCALIDAD DE EL SALVADOR (1). 1990-A.

No.	Nombre	Rend. Tm/ha	Días a Flor	Altura Pta. Mz.	% Acara	% Mala Cob.	% Maz. Pod.
1	BS-19	3.81	51.33	188 93	12.67	9.82	3.76
2	HB-104	3.63	51.66	185 98	20.14	7.91	3.84
3	S. Local	3.28	51.33	173 81	9.79	15.81	3.06
4	C. Pasaquina	2.45	52.00	163 79	16.81	5.76	8.92
5	Lujosa B-106	4.14	51.33	214 105	20.10	10.65	2.14
6	S. Regional	4.65	51.00	192 98	7.40	11.95	2.89
7	Chorotega B-105	3.57	50.66	184 129	18.01	6.20	3.64
8	Maicito	3.72	52.66	224 126	48.62	4.42	4.00
$\bar{x}$		3.66	51.59	190 96	19.19	9.07	4.03
C.V. (%)		25.68	2.28	6.58 7.83	53.18	38.08	72.44
F		NS	NS	** **	**	*	NS

CUADRO 4. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y ESTADISTICOS DEL EXPERIMENTO REGIONAL DE SEQUIA EN LA LOCALIDAD DE EL SALVADOR (2), 1990-A.

No.	Nombre	Rend. Tm/ha	Altura		% Mala Cob.	% Maz. Pod.
			Pta.	Mz.		
1	BS-19	1.713	136	70	12.77	28.1
2	HB-104	2.872	150	91	7.31	16.4
3	S. Local	1.651	141	70	39.9	36.5
4	C. Pasaquina	1.847	139	81	13.1	19.3
5	Lujosa B-106	2.242	153	95	10.0	24.2
6	S. Regional	2.04	139	79	4.9	23.9
7	Chorotega B-105	1.915	153	88	18.0	33.0
8	Maicito	1.392	137	79	5.5	31.14
	$\bar{X}$	1.959	143	81	14.0	26.6
	C.V. (%)	41.33	9.71	13.92	74.0	44.81
	F	NS	†	NS	†	NS

CUADRO 5. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y ESTADISTICOS DEL EXPERIMENTO REGIONAL DE SEQUIA EN LA LOCALIDAD DE CHOLUTECA (1). 1990-A.

No.	Nombre	Rend. Tm/ha	Días a Flor	Altura		% Mala Cob.	% Maz. Pod.
				Pta.	Mz.		
1	BS-19	1.454	51.3	144	62	33.2	21.7
2	HB-104	0.914	50.6	139	61	9.1	15.8
3	S. Local	2.556	49.0	149	66	10.4	2.6
4	C. Pasaquina	1.297	50.6	141	55	18.0	10.2
5	Lujosa B-106	1.544	51.3	153	67	21.0	16.8
6	S. Regional	2.327	51.0	149	64	18.3	6.9
7	Chorotega B-105	1.544	51.0	131	60	18.0	11.0
8	Maicito	1.046	55.0	168	82	16.3	24.0
$\bar{X}$		1.585	51.2	146	64	18.1	13.6
C.V. (%)		46.57	2.7	9.4	15.8	56.4	70.11
F		NS	††	NS	NS	NS	NS

CUADRO 6. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y ESTADISTICOS DEL EXPERIMENTO REGIONAL DE SEQUIA EN LA LOCALIDAD DE CHOLUTECA (2). 1990-A.

No.	Nombre	Rend. Tm/ha	Días a Flor	Altura		% Mala Cob.	% Maz. Pod.
				Pta.	Mz.		
1	BS-19	2.16	52	180	86	18.1	6.1
2	HB-104	2.14	53	181	94	10.5	6.1
3	S. Local	2.87	52	161	72	24.3	3.8
4	C. Pasaquina	2.31	51	168	77	16.5	12.2
5	Lujosa B-106	3.04	51	181	102	11.6	3.5
6	S. Regional	2.68	50	169	85	11.8	8.9
7	Chorotega B-105	2.88	50	168	78	10.4	7.8
8	Maicito	2.55	45	216	129	8.0	5.1
$\bar{X}$		2.58	50	178	90	13.9	6.7
C.V. (%)		18.99	2.58	8.8	19.4	26.8	71.9
F		NS	††	†	†	††	NS

CUADRO 7. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y ESTADISTICOS DEL ANALISIS COMBINADO DEL ENSAYO REGIONAL DE SEQUIA EN SEIS LOCALIDADES DE CENTRO AMERICA, 1990-A.

No.	Nombre	Rend. Tn/ha	Altura		% Acame		% Mala Cob.	% Maz. Pod.
			Pta.	Mz.	Raiz	Tallo		
1	BS-19	2.67	167	83	6.0	15.7	11.0	18.8
2	HB-104	2.68	175	96	10.0	10.4	8.9	10.0
3	S. Local	3.08	159	78	5.0	16.0	16.6	18.0
4	C. Pasaquina	2.33	160	84	6.0	14.0	10.1	16.4
5	Lujosa B-106	2.91	178	98	10.0	15.8	9.4	17.1
6	S. Regional	3.16	167	89	5.0	11.9	8.7	14.6
7	Chorotega B-105	3.07	168	89	8.0	16.0	11.3	16.5
8	Maicito	2.30	184	105	18.0	22.5	7.8	15.5
X		2.79	170	90	8.0	15.3	10.5	15.0
Localidad		**	**	**	**	*	**	**
Tratamiento		**	**	**	**	**	*	NS
Loc. x Trat.		**	**	**	**	NS	**	*

CUADRO 8. COEFICIENTES DE CORRELACIONES SIMPLES ENTRE RENDIMIENTO Y CIERTAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS, EN LA EVALUACION DE SINTETICOS, PROYECTO SEQUIA 1990.

Nombre	% Mazorca Podrida	% Mala Cobert.	% Acame Tallo	% Acame Raiz
Rendimiento	-0.336**	-0.243*	-0.365	-0.039
% Mz. Podrida		*	**	**
% Mala Cob.			**	NS
% Acame Tallo				-
% Acame Raiz				NS

CUADRO 9. RESPUESTA AL INDICE DE SEQUIA DE 8 VARIETADES SINTETICAS EVALUADAS EN GUATEMALA. 1990.

No.	Nombre	Origen	Indice Sequia
1	BS-19	Guatemala	0.660
2	HB-104	Honduras	0.340
3	S. Local	Honduras	0.596
4	C. Pasaquina	El Salvador	0.704
5	Lujosa B-106	Honduras	0.904
6	S. Regional	Honduras	0.709
7	Chorotega B-104	Honduras	0.661
8	Maicito	Testigo	0.591

CUADRO 10. MEDIAS Y PARAMETROS ESTIMADOS EN EL ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE 8 VARIETADES DEL PROYECTO DE SEQUIA EN 6 LOCALIDADES. 1990-A.

No.	Nombre	Rend. Tn/ha	Bi	Sdi 2
1	BS-19	2.67	.987	- .58
2	HB-104	2.68	.600	0.680
3	S. Local	3.08	.811	0.23
4	C. Pasaquina	2.33	.909	0.39
5	Lujosa B-106	2.91	.883	0.51
6	S. Regional	3.16	.914	0.836
7	Chorotega B-105	3.07	.955	- 0.36
8	Maicito T. Local	2.30	.916	- 0.95

## EVALUACION NACIONAL DE HIBRIDOS BLANCOS Y AMARILLOS EN EL SALVADOR, 1990.

J. C. Escobar, F. Guerra, N. Arrianza, R. Marroquín <sup>1</sup>  
A. Aguiluz <sup>2</sup>

### RESUMEN

Durante 1990, se establecieron ensayos regionales con híbridos promisorios y comerciales de maíz, con el objeto de determinar el comportamiento en cuanto a rendimiento de grano y características agronómicas bajo condiciones normales de producción de los agricultores.

Los ensayos se instalaron en 7 localidades de El Salvador ubicadas en Ahuachapán, Guaymango, San Andrés, Chalatenango, Apastepeque, Santa Cruz Porrillo y Cooperativa Astoria; consistieron de 15 entradas, 9 híbridos, 9 blancos y 6 amarillos.

El diseño estadístico utilizado fue el de bloque al azar con 4 repeticiones, parcelas de 4 surcos de 5.5 m de largo y un área útil de 2 surcos.

Los análisis estadísticos por localidad mostraron que existen diferencias altamente significativas para rendimiento y los resultados promedios mostraron que los nuevos híbridos H-57 y H-58 rindieron 6181 y 5921 kg/ha de grano y superaron al testigo H-5 con 30 y 24%

respectivamente; presentando también características agronómicas en cuanto a mazorcas podridas y acame inferiores al testigo. También el nuevo híbrido amarillo H-104 rindió 5703 kg/ha superando al testigo H-102 con 27%, y presentó también buenas características en cuanto a resistencia al acame y pudrición de mazorca.

### INTRODUCCION

En El Salvador se cultivan aproximadamente unas 250 mil ha de maíz en una gran diversidad de ambientes; destinándose para el consumo un 75% de la producción y para su cultivo el 13.2% del territorio nacional. Sin embargo, en los últimos años el índice de la producción apenas alcanzó el 1.5% anual (CIMMYT 1989), lo que en un momento determinado puede crear problemas de abastecimiento. Esta situación motivó al programa de maíz del Centro de Tecnología Agropecuaria a la búsqueda de nuevos genotipos de maíz que superen los rendimientos de los híbridos tradicionales, por lo que se evalúa en diversos ambientes del país

---

<sup>1</sup> Investigadores Programa de Maíz.  
<sup>2</sup> Coordinador Programa de Maíz.



diferentes materiales con el objeto de observar su comportamiento, adaptación y establecer su potencial de rendimiento; identificando de esta forma aquellos híbridos más estables que en un futuro puedan ser parte de las alternativas que lleven a aumentar la producción y productividad de este grano.

#### REVISION LITERARIA

Desde 1959-1960 en el país se han producido ensayos regionales de maíz para evaluar adaptación y potencial de rendimiento, identificándose en estos años al híbrido H-3 como uno de los materiales más estables, lo que fue determinante para lograr la autosuficiencia en la producción de maíz, CENTA (1986).

En 1974, en pruebas regionales localizadas en varios lugares del país, CENTA (1986), se demostró el potencial de rendimiento de los híbridos formados en esa época y en particular el H-9, que superó al H-5 con 13% y que fue liberado posteriormente en 1982.

Rodríguez SOSA (1986), indicó que en 1983 se trabajó en la generación de variedades de alto rendimiento con resistencia a la enfermedad del achaparramiento; con lo que se determinó el potencial del híbrido H-53, el cual siempre mostró buen rendimiento y estabilidad en pruebas regionales conducidas durante los años 1987-89; siendo liberado en 1990. En 1988 y 1989, Aguiluz, citado

por Mendoza (1990), prosiguió con las pruebas regionales de adaptación y rendimiento, lográndose detectar en el híbrido H-56 características superiores de rendimiento a los híbridos comerciales, liberándose este en 1990.

#### MATERIALES Y METODOS

##### Ubicación y características del lugar

Durante 1990 se evaluaron un total de 7 ensayos regionales que se ubicaron en diversos ambientes (Cuadro 1).

##### Siembra y labores agronómicas

La siembra se realizó entre el 28 de mayo y el 7 de junio y se utilizaron distanciamientos de 0.80 m entre surco y 0.5 m entre postura, usándose 2 semillas por postura. Para la siembra también se incluyeron lugares trabajados con maquinaria y mínima labranza.

Para el control de las plagas del suelo la semilla fue tratada con Marshal St 2.5 en dosis de 1.8 kg/45.5 kg de semilla. Las plagas del follaje se controlaron con el uso de phosim 50 CE en dosis de 1.4 l/ha y phoxim G. en dosis de 6.5 kg/ha, posterior a la siembra se usaron los herbicidas atrazina más lazo en dosis de 2.14 kg/ha y 1.4 l/ha, respectivamente.

La siembra se le fertilizó con fórmula 20-20-0 en dosis de 260 kg/ha y al

aporco se adicionó sulfato de amonio en dosis de 260 kg/ha.

### Diseño estadístico y tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 15 tratamientos y 4 repeticiones. Las parcelas fueron de 4 surcos de 5 m de largo y como área útil se consideraron los 2 surcos centrales. Los tratamientos usados fueron los híbridos H-3, H-5, H-9, H-53, H-102, H-56, H-57, H-58, HE-104, HS-4, HS-5GM, (ES-A4 x ES-A2) (ES-A8), SA89 A-4 x 2, Pioneer x-5800 y Pioneer 3204.

Los datos que se tomaron fueron altura de planta, altura y cobertura de mazorca, acame de raíz y de tallo, pudrición y aspecto de mazorca, días a flor y rendimiento.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se presentan las medias de rendimiento y otras características agronómicas de 15 genotipos de maíz evaluados en 7 localidades, se observa que los híbridos experimentales H-57, H-58 y HE-104 mostraron rendimientos que superaron a los híbridos comerciales. Los híbridos blancos H-57 y H-58 rindieron 6181 y 5921 kg/ha, respectivamente y fueron estadísticamente diferentes al resto de materiales superando al testigo H-5 en un 30 y 24%. También algunas características agronómicas de estos híbridos como el acame es reducida a 24.6 y 17.1%,

contra 37.2% que presenta el H-5. Para el caso de la producción de mazorca el híbrido H-57 presentó 3.9 y 5.6% el H-5.

El aspecto de mazorca es otra característica que es superada por estos híbridos experimentales en relación al testigo H-5.

Para el caso del híbrido experimental amarillo HE-104 se presentó un rendimiento de 5703 kg/ha, superando al testigo local H-102 en un 27% y también a los materiales amarillos de empresas privadas. Es notable este híbrido en cuanto a la resistencia al acame y la pudrición de la mazorca, en comparación al híbrido H-102.

El Cuadro 2, nos presenta los estadísticos combinados de las variables agronómicas analizadas y se observa que el rendimiento mostró diferencia altamente significativa, tanto en localidad, ambiente y su interacción, con un coeficiente de variación de 1.22%. Las demás variables agronómicas también presentaron diferencias estadísticas entre localidades, ambiente y su interacción. Los resultados obtenidos demuestran que existen alternativas para superar los rendimientos tanto de maíz blanco como amarillo con los híbridos HE-57, HE-58 y HE-104, que puedan sustituir los híbridos H-5, H-3 y H-102 en el país.

## CONCLUSIONES

En El Salvador el nuevo híbrido H-57 rindió 5181 kg/ha de grano superando al testigo H-5 con 30% y características agronómicas (mazorcas podridas y acame) superiores.

El nuevo híbrido amarillo H-104 rindió 5703 kg/ha superando al testigo X-3204 de Pioneer con 24%, es notable este híbrido en cuanto a la resistencia al acame y pudrición de mazorca.

## RECOMENDACION

Se recomienda impulsar la transferencia y producción de semilla de los nuevos híbridos substituyendo a los híbridos H-5, H-3 y H-102 de El Salvador.

## BIBLIOGRAFIA

**ARIAS M. F. y J. A. TREJO 1975.** Ensayos Regionales de adaptación y rendimiento con híbridos y variedades experimentales de maíz de maíz. CENTA-MAG, El Salvador.

**CENTA. 1986.** Quince años de investigación en maíz en El Salvador y su impacto en la producción nacional. CENTA-MAG. El Salvador.

**RODRIGUEZ SOSA R. 1986.** Formación de híbridos de maíz resistencia al achaparramiento en El Salvador. Tesis de graduación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buena Vista, Saltillo Coahuila, México.

**MENDOZA O.V. 1990.** Experimentos de verificación de rendimiento de los híbridos de maíz H-56, H-53 triple y doble, en laderas mínimas labranza, en las localidades de Opico, Armenia y Guayman-go, trabajo de graduación, Universidad Evangélica de El Salvador.

CUADRO 1. CARACTERISTICAS DE LOS AMBIENTES DE LOS 7 ENSAYOS REGIONALES

Localidad	Altitud (msnm)	Temperatura		Precipitación (mm)	Tipo de Suelo
		Max. (°C)	Min. (°C)		
Chalatenango	550	33.3	19.9	1952	Franco
Apastepeque	570	31.0	20.0	1683	Franco
Guaymango	300	30.5	22.0	1800	Franco Arcilloso
Ahuachapán	725	29.8	18.9	1875	Franco Arcilloso
Santa Cruz Porrillo	30	34.6	21.3	1792	Franco Arenoso
Coop. Astoria	30	34.6	21.3	1727	Franco Arenoso
San Andrés	460	32.9	17.5	1701	Franco Arenoso

CUADRO 2. MEDIAS DE RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 15 GENOTIPOS DE MAIZ EVALUADOS EN ENSAYOS REGIONALES EN 7 LOCALIDADES DE EL SALVADOR. 1990.

Variedad	Rend. Kg/ha	%		Días a Flor	Altura Mz. (cm)	% Cobert. Mazorca	% Mz. Podrida	% Acame Raíz	Aspecto Mazorca
		H-5	Sobre H-102						
H-57	6181 A	130	138	55	148	1.9	3.9	24.6	1.8
H-58	5921 AB	124	132	55	123	10.7	6.1	17.4	2.2
H-104	5703 B	120	127	55	128	20.4	5.3	12.4	2.1
H-53	5652 B	119	126	54	137	11.2	3.3	14.9	1.9
HS-4	5640 B	118	126	54	121	5.8	4.1	14.5	2.3
H-56	5628 B	118	125	57	154	14.6	8.7	23.6	2.4
H-9	5614 B	118	125	55	143	8.4	6.7	18.0	2.2
4 x 2	5229 C	111	118	56	138	3.2	3.2	23.6	1.9
H-104 B	5339 C	110	117	54	115	21.1	6.3	10.0	2.5
HSS 6M	5072 CD	106	113	55	120	4.0	6.2	7.6	2.5
P x-5800	4866 DE	102	109	54	131	19.8	8.9	19.4	2.7
H-3	4796 DEF	101	107	53	133	3.6	6.9	29.9	2.4
P-3204	4594 EF	97	103	55	126	24.6	13.6	23.5	3.0
H-5	4754 DEF	100	106	56	146	2.4	5.6	37.2	2.5
H-102	4471 F	94	100	54	129	14.5	8.7	25.0	2.8

CUADRO 3. ESTADISTICOS COMBINADOS DE LAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 15 GENOTIPOS DE MAIZ EVALUADOS EN ENSAYOS REGIONALES, EN 7 AMBIENTES DE EL SALVADOR. 1990.

Estadisticos	Rend. Kg/ha	Dias a Flor	Altura Mazorca (cm)	Aspecto Mazorca	% Cobert. Mazorca	% Mazorca Podrida	% Acame	
							Ralz	Tallo
-	5292.6	55	133	2.4	11.1	6.5	20.1	5.3
X	11	11	11	1	11	11	11	11
L	11	11	11	11	11	11	11	11
Lx A	11	11	1	1	11	11	11	11
CV (%)	12.11	1.84	7.27	18.64	50.81	64.04	62.96	90.50

## EVALUACION DE CULTIVARES DE MAIZ DE GRANO AMARILLO EN 12 LOCALIDADES DE PANAMA

A. Alvarado D. <sup>1</sup> ; D. Pérez, N. De Gracia, A. González, E. Quiroz, J. C. Ruíz, L. Carranza, I. Camargo <sup>2</sup>

### RESUMEN

En la época de postrera de 1990 fueron sembrados ensayos uniformes en 12 localidades de Panamá que contrastaron climatólogicamente, para evaluar el comportamiento de cultivares de maíz de grano amarillo. El estudio fue realizado por investigadores de las diferentes regiones del IDIAP. El diseño estadístico utilizado fue de bloques al azar con 4 repeticiones, con una parcela útil de 8.25 m<sup>2</sup>. Se tomaron datos de las principales variables experimentales (días a flor, altura de la planta y mazorca, acame, rendimiento, etc).

Los resultados del análisis combinado para rendimiento, mostraron diferencias altamente significativas entre localidades, tratamientos y un efecto significativo de la interacción genotipo por ambiente, lo que nos indica influencia de las condiciones ambientales en la respuesta del genotipo, sobresaliendo las localidades de Barú y Sioguí, que corresponden a la Región Occidental; La Honda y

Parita, en la Región Central del país. En cuanto a los cultivares, los rendimientos más altos corresponden a los híbridos experimentales E-241010, E-6416 y E-2416, con rendimientos promedios, mayores de 5 ton/ha, superando a los mejores híbridos comerciales importados.

De acuerdo con el análisis, los cultivares con los mejores índices de estabilidad resultaron ser P--8916, X-3098, P-8814 y X-3078, de los cuales el P-8916 y X-3098 obtuvieron los rendimientos más altos.

### INTRODUCCION

La producción mecanizada de maíz comercial en Panamá, a través de los años ha dependido en gran medida de semilla de híbridos desarrollados y producidos por compañías privadas extranjeras, que son distribuidos localmente por empresas privadas nacionales. Los híbridos de mayor distribución en el país han sido desarrollados por PIONNER,

---

<sup>1</sup> Director Programa de Semillas, Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá.

<sup>2</sup> Investigadores Regionales. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá.

DEKALB, PFIZER y TACSA; siendo el de mayor distribución el X-304C, y en menores cantidades los híbridos H-201, X-3214 y el XL-678, respectivamente.

Los productores de maíz consideran que la semilla híbrida importada se vende a precios altos. Sin embargo, la prefieren debido a varias razones, entre las cuales podemos mencionar las siguientes: mejor rendimiento, principalmente de los híbridos X-304 C y X-3214, sobre las variedades de polinización abierta, facilidad de crédito para la obtención de insumos que les ofrecen las empresas distribuidoras de semilla, y garantía de la compra de cosecha. Los resultados de la Prueba Regional de 1989, identificaron híbridos triples con rendimientos y características agronómicas superiores a la de los mejores híbridos importados, los cuales nos ofrecen la posibilidad de brindarles a los productores, híbridos producidos localmente, de buena calidad y a precios más accesibles.

Para el año de 1990, el IDIAP, en su ensayo uniforme de rendimiento a través de varias localidades continuará evaluando los mejores híbridos y los promisorios desarrollados por el programa nacional, híbridos importados e híbridos del programa centroamericano, y de CIMMYT con los siguientes objetivos:

a. Evaluar el rendimiento y adaptación de los híbridos y variedades

del programa nacional, Centro América y compañías privadas en las diferentes áreas de producción y campos experimentales.

- b. Estimar los parámetros de estabilidad que permiten identificar los genotipos de acuerdo a su respuesta a través de ambientes contrastantes.
- c. Realizar un análisis combinado de localidades.
- d. Brindar a los agricultores la oportunidad de apreciar las bondades de nuevos materiales genéticos.

#### REVISION LITERARIA

Córdova (S.F.), señala que los híbridos comúnmente utilizados han sido desarrollados por los métodos convencionales de hibridación donde se utilizan líneas puras o parcialmente puras para su formación, lo que permite aprovechar el fenómeno de heterosis y la obtención de híbridos de alta productividad.

Poey et al. (1979), proponen el método de mejoramiento paralelo, que permite simultáneamente la formación de variedades de libre polinización e híbridos de maíz, en base a poblaciones mejoradas de hermanos completos.

Evaluando híbridos dobles y triples Jiménez et al.



(1988), en 8 localidades de Costa Rica, encontraron en términos generales que los híbridos dobles superaron en rendimiento a los híbridos triples, destacándose el híbrido amarillo DC-78 con rendimiento de 6107 kg/ha.

En Panamá, Alvarado et al. (1988), estudiaron el comportamiento de híbridos y variedades de polinización abierta en seis localidades, encontrando que los rendimientos más altos se obtuvieron con los híbridos triples del programa nacional P-8812 y P-8814, superando a los híbridos comerciales X-3214 y X-304C. En 1989, el mismo autor, evaluó 20 cultivares de maíz de grano amarillo a través de 9 localidades, donde obtuvo resultados similares ya que los híbridos triples P-8812, 477x372, P-8916 y P-8814, todos del programa nacional, superaron en rendimiento a los híbridos comerciales X-304C y X-3214.

Córdova et al. (1978), señalaron que las pruebas de comportamiento de variedades cuando se realizan convencionalmente ofrecen información sobre la interacción genotipo-ambiente, pero no dan idea de la estabilidad de las variedades evaluadas; de allí que el análisis de estabilidad es un buen instrumento en la identificación de germoplasma de gran potencial para los programas de mejoramiento. De acuerdo con Bonny y Ova (1985), el progreso en rendimiento y adaptabilidad se facilita si identificamos genotipos estables en genera-

ciones tempranas. De Paz y otros (1977-1978), encontraron una fuente de interacción entre variedades por ambiente al evaluar variedades mejoradas y criollas en el altiplano de Guatemala, por lo que recomienda que la estabilidad se pueda mejorar evaluando las familias, en los campos de agricultores.

Para determinar la estabilidad de variedades de maíz a través de cambios ambientales, Eberhart y Russel (1966), presentan un modelo que define una variedad estable como aquella con media de rendimiento alta, respuesta a índices ambientales de  $B_i=1.0$  y con desviaciones de regresión  $s_{di}=0$ .

Diversos autores han utilizado este modelo de estabilidad propuestos por Eberhart y Russel, entre ellos Córdova (1986, 1987 y 1988), quien determinó el comportamiento de cultivares a través de varios años y localidades, este autor encontró respuesta de los genotipos a ambientes favorables y desfavorables, concluyendo que los parámetros de estabilidad estimados describen apropiadamente la respuesta de las variedades a los sitios contrastantes donde fueron evaluados.

Resultados similares obtuvieron Salguero y Córdova (1977) los cuales evaluaron diez variedades e híbridos de maíz en once ambientes en el

sur-oriente de Guatemala, encontrando variedades estables ( $B_i=1$  y  $S_{di}=0$ ), los cuales tuvieron también rendimientos aun bajo condiciones de humedad limitada.

## MATERIALES Y METODOS

### Material genético

En este estudio que estuvo formado por 20 cultivares de maíz se incluyeron variedades de polinización libre e híbridos simples, doble y triples de grano amarillo (Cuadro 1).

### Localidades

Los cultivares se evaluaron en un ensayo de rendimiento en fincas de productores y en los campos experimentales del IDIAP. Las localidades escogidas presentaron diferencias en aspectos climatológicos, principalmente cantidad y distribución de las lluvias. También se observaron diferencias en cuanto a fertilidad se refiere. A continuación se indican las localidades evaluadas: La Cocobola, Tablas Abajo, San José, Guararé, El Nance, París, Guarumal, Sioguí, La Honda, Río Hato, Barú y Alanje.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La siembra se hizo en forma manual a 0.75 m entre hileras y 0.5 m entre plantas, 2 surcos de 5 m de

longitud por tratamiento, 3 semillas por postura para luego ralear dejando las 2 plantas más vigorosas. Las malezas fueron controladas mediante la aplicación de la mezcla de 3 litros de Gesaprim 500 y 3 litros de Prowl/ha de producto comercial. La fertilización consistió en la aplicación inicial de la fórmula completa 15-30-8 a razón de 227 kg/ha. A los 30 días se hizo una aplicación suplementaria de nitrógeno, a razón de 70 kg/ha.

Los rendimientos están expresados en kg/ha al 15% de humedad. Las variables estudiadas fueron: días a flor, altura de planta y mazorca, acame de raíz y tallo, pudrición de mazorca, plantas y mazorcas cosechadas, aspectos de planta y cobertura de mazorca.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los Cuadros 1a y 12a del apéndice presentan las medias de rendimiento y características agronómicas de los cultivares por localidad. En el Cuadro 13, se puede apreciar el rendimiento promedio de cada cultivar por localidad y la media a través de localidades; también la media de rendimiento de las localidades con sus respectivos coeficientes de variación y diferencias mínimas significativas (DMS).

En el Cuadro 2, se presentan datos de rendimiento y otras características agronómicas promedio de 12 localidades de los mejores híbridos

nacionales e importados. Los resultados obtenidos nos indican que no existen diferencias significativas entre los días a floración y altura de mazorca. En relación con la pudrición de mazorca se puede observar que el híbridos X-3214, obtuvo el porcentaje más bajo y el X-304C el más alto, en tanto que los híbridos nacionales presentan valores intermedios. La columna de rendimiento nos indica que dos de los híbridos nacionales superan a los mejores híbridos desarrollados por las casas comerciales. Así tenemos que los híbridos P-8916 y P-8812 fueron los mejores en este grupo con rendimiento por encima de las 5 ton de grano por hectárea superando al X-304C, que alcanzó rendimiento promedio de 4.5 ton/ha.

Los resultados del Cuadro 3, nos permiten hacer comparaciones del comportamiento de los mejores híbridos desarrollados por el programa nacional, los mejores híbridos importados y el mejor híbrido recientemente liberado. En sanidad de mazorca el X-3214 presenta el valor más bajo, mientras que E-6116 y X-304C, obtuvieron valores de aproximadamente 10%. Al observar la columna de rendimiento podemos señalar que los cuatro híbridos experimentales superan en rendimiento a los híbridos importados. El híbrido P-8916, fue superado por tres híbridos experimentales lo que nos indica que hemos logrado ganancias en este aspecto. El híbrido X-304C de mayor distribución

comercial en el país, con rendimiento de 4.5 ton/ha fue superado por más de una tonelada de grano por parte de los híbridos experimentales E-241010 y E-6416 con rendimiento de 5572, 5527 kg/ha.

En el Cuadro 4, se presentan los rendimientos promedios por localidad con sus respectivos estadísticos estimados en el análisis de varianza para rendimiento. Los bajos coeficientes de variación obtenidos en la mayoría de las localidades estuvieron dentro del rango de confiabilidad, por el manejo adecuado con que fueron conducidos dichos experimentos. El experimento que tuvo el valor más bajo de CV, corresponde a la localidad de Siogú (8.3%) y el valor más alto (24.4) correspondió a la localidad de Guarumal (Alanje).

En el Cuadro 5, se presenta el análisis de varianza combinado de 20 cultivares en 12 localidades, encontrándose diferencias altamente significativas para localidad, tratamiento y la interacción localidad x tratamiento.

La mayoría de los cultivares evaluados en la Prueba Regional de 1990, habían sido evaluados también en los años de 1988 y 1989. En el Cuadro 6, se incluyen los cultivares que al menos han sido evaluados dos años. Los híbridos de mejor comportamiento fueron el P-8916, P-8812, X-3098, P-8814, X-3214

y P-8802, superando en rendimiento al X-304C en 21, 18, 16, 15, 14 y 13%, respectivamente.

Los parámetros de estabilidad estimado para el análisis de varianza de rendimiento a través de 12 localidades se presenta en el Cuadro 7. El modelo de Eberhart y Russel identificó a los híbridos X-304C, P-8916, X-3098, P-8814, X-3078 y P-8802, como los más estables; los rendimientos más altos correspondieron al P-8916 y X-3098.

CUADRO 1. CULTIVARES DE MAIZ DE GRANO AMARILLO EVALUADOS EN LA PRUEBA REGIONAL DEL IDIAP. PANAMA 1990.

No.	Nombre	Origen
1	GUARARE 8128	IDIAP
2	ALANJE-1	IDIAP
3	COMAYAGUA 8528	HONDURAS
4	MUNENG 8427	CIMMYT
5	X-3214	PIONNER
6	X-3040	PIONNER
7	X-3098	PIONNER
8	M-1	IDIAP
9	X-3204	PIONNER
10	P-8802	IDIAP
11	P-8812	IDIAP
12	P-8814	IDIAP
13	E-2416	IDIAP
14	E-6416	IDIAP
15	P-8916	IDIAP
16	XL-604	DEKALB
17	XL-678	DEKALB
18	H-201	TACSA
19	E-241010	IDIAP
20	DX-3078	PIONNER

CUADRO 2. COMPARACION DE RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS HIBRIDOS LIBERADOS POR EL PROGRAMA NACIONAL EN RELACION CON LOS MEJORES HIBRIDOS EXPERIMENTALES Y COMERCIALES IMPORTADOS; A TRAVES DE 12 LOCALIDADES

Hibrido	Dias a Flor	Altura Mazorca (cm)	% Pudrición Mazorca	Rendimiento Kg/ha
P-8916	56	118	8.0	5248
P-8812	56	127	8.4	5011
P-8814	56	123	7.7	4826
X-3098	55	126	8.1	4988
X-3214	56	121	5.6	4945
X-3078	55	111	7.0	4639
X-304 C	55	112	9.6	4497

CUADRO 3. COMPARACION DE RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE HIBRIDOS DESARROLLADOS POR EL PROGRAMA NACIONAL EN RELACION CON LOS MEJORES HIBRIDOS EXPERIMENTALES Y COMERCIALES IMPORTADOS; A TRAVES DE 12 LOCALIDADES

Hibrido	Dias a Flor	Altura Mazorca (cm)	% Pudrición Mazorca	Rendimiento Kg/ha
E-241010	57	120	6.2	5572
E-6416	56	127	10.1	5527
E-2416	55	125	6.1	5326
P-8802	57	128	7.4	5127
P-8916	56	118	8.0	5248
X-3098	55	126	8.1	4988
X-3214	56	121	5.6	4945
X-3078	55	111	7.0	4639
X-304 C	55	112	9.6	4497

CUADRO 4. ESTADISTICOS ESTIMADOS EN EL ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTOS Y EL RENDIMIENTO PROMEDIO POR LOCALIDAD DE 20 CULTIVARES DE MAIZ EVALUADOS A TRAVES DE 12 LOCALIDADES DE PANAMA. 1990.

Localidades	C.V. %	DMS	F = 0.1	Rendimiento Kg/ha
BARU	13.4	1260	**	6765
SIOGUI	8.3	625	**	5716
LA HONDA	9.0	764	**	5613
PARITA	13.0	1124	**	5382
PARIS	11.8	779	**	4764
GUARARE	12.7	770	**	4310
TABLAS ABAJO	14.0	779	**	4058
GUARUMAL (ALANJE)	24.0	1423	**	4058
COCOBOLA	18.3	1171	**	4056
SAN JOSE	11.7	619	**	3984
RIO HATO	10.5	449	**	2973
GUARUMAL	13.8	446	**	2451

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DE 20 CULTIVARES EN 12 LOCALIDADES DE PANAMA. 1990.

FUENTE	G.L	C.M	F.01
Localidad	11	1172.22	**
Rep#Loc	33	52.64	**
Trat.	19	16.64	**
Loc.#Trat.	209	9.55	**

CUADRO 6. RENDIMIENTO PROMEDIO DE GRANO (KG/HA), DE 12 CULTIVARES EVALUADOS DURANTE 3 AÑOS EN CAMPOS EXPERIMENTALES Y FINCAS DE PRODUCTORES, PANAMA, 1991.

IDENTIFICACION	Rendimiento Kg/ha (15% humedad)				Sobre % X-304C
	1988†	1989†	1990†††	X	
P-8916	--	4818	5134	4976	121
P-8812	4782	4958	4876	4872	118
P-3098	4706	--	4877	4792	116
P-8814	4923	4573	4700	4732	115
X-3214	4721	4542	4822	4695	114
P-8802	4329	4586	5074	4663	113
XL-604	--	4585	4391	4488	109
G-8128	4311	3762	4287	4120	--
X-304-C	4070	3840	4400	4103	--
XL-678	4413	3730	3811	3982	--
Muneng 8427	--	3951	3852	3902	--
Alanje 1	2898	3832	4031	3587	--
X	4350	4289	4521		

† 6 Localidades

†† 9 Localidades

††† 12 Localidades



CUADRO 7. PARAMETROS DEL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE VARIANTES DE MAIZ PARA 12 LOCALIDADES. PANAMA 1990.

VARIEDAD	RENDIMIENTO Kg/ha	BI	SBI
E-241010	5416.3	1.396	.0861
E-6416	5413.9	1.765	.0932
E-2416	5210.1	0.820	.1597
P-8916	5134.0	0.981	.1040
P-8802	5074.4	0.982	.2951
P-8812	5011.0	1.119	.1140
X-3098	4877.2	1.010	.1109
X-3214	4822.4	1.213	.1420
P-8814	4699.7	0.989	.0953
X-3078	4557.5	0.984	.1231
X-304C	4400.4	1.000	.1502
XL-604	4390.6	0.851	.1474
GUARARE 8128	4286.8	0.843	.1138
M-1	4141.8	0.958	.1239
ALANJE-1	4031.4	0.881	.1601
COMAYAGUA 8228	3939.6	0.777	.1210
X-3204	3918.6	1.025	.1281
MUNENG 8427	3851.6	0.777	.0934
XL-678	3811.2	0.749	.1608
H-201	3365.9	0.598	.1294

APENDICE 1. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha DE LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN LA HONDA, 1990

Híbridos	Días a Flor	Altura Planta	CM Maíz	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Mazorca Tot.	Mazorca Podr.	Asp. Mazorca	Mazorca Decub.	Rend. kg/ha
E-6416	57	269	143	68.6	43	41	2.4	2.1	7.0	6915
E-241010	58	266	153	67.0	44	41	2.4	2.1	5.5	6645
P-8802	57	271	153	57.9	44	45	2.9	2.5	6.0	6365
P-8916	56	263	143	42.0	44	43	2.4	2.8	7.0	6166
E-2416	56	278	149	86.9	44	41	2.6	2.5	5.8	6149
X-3214	58	271	143	80.2	43	40	2.3	2.4	6.0	5995
X-3078	52	239	131	63.9	43	40	2.2	2.8	6.0	5818
XL-604	58	266	148	49.4	43	42	2.8	3.0	3.8	5787
X-3098	57	264	154	68.2	44	40	1.9	2.3	6.0	5781
P-8812	57	264	143	67.0	44	41	2.9	2.6	5.8	5563
M-1	57	268	149	66.9	43	42	3.4	2.6	4.8	5501
ALANJE-1	55	261	169	54.0	44	41	2.8	2.9	5.3	5435
X-304C	57	263	140	68.0	43	40	2.8	2.8	5.0	5403
X-3204	56	271	145	60.8	44	40	3.6	2.6	4.3	5379
P-8814	56	271	140	52.3	44	42	2.8	2.5	5.3	5328
XL-678	59	264	154	64.5	43	40	3.3	3.1	5.3	5171
G-8128	56	254	134	62.2	43	38	3.3	2.9	5.8	5169
COMAYAGUA 8528	53	261	138	67.7	41	40	2.9	3.1	6.8	5123
MUNENG 8427	56	260	134	69.8	43	39	3.3	2.9	4.3	4510
H-201	49	231	121	76.1	44	36	3.5	3.3	4.8	4074

C.V. 9.8%  
X Rendimiento 5614 kg/ha

APENDICE 2. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN RIO HATO, 1990

Híbridos	Días a Flor	Altura Planta	CM Maíz	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Mazorca Tot.	Mazorca Podr.	Asp. Mazorca	Rend. kg/ha
E-6416	55	209	115	23.2	43	43	7.8	3.6	3508
G-8128	54	195	105	30.2	43	44	5.3	3.8	3504
P-8812	56	212	115	20.5	44	42	5.0	3.5	3371
E-2416	55	206	118	36.9	44	45	5.3	3.4	3327
E-241010	57	199	108	32.4	44	43	7.5	3.6	3278
X-304C	54	201	103	27.3	43	41	7.3	3.5	3208
COMAYAGUA 8528	53	186	93	35.7	42	42	7.3	3.6	3072
P-8916	56	197	104	8.5	44	42	8.5	3.8	3049
X-3098	56	195	108	39.3	42	43	7.5	3.5	2989
X-3078	54	192	100	18.8	40	39	5.5	3.5	2945
H-201	52	170	88	14.5	43	42	4.5	3.5	2919
P-8814	56	208	108	16.9	43	40	4.8	3.6	2807
P-8802	56	201	112	28.5	43	43	8.3	3.9	2794
MUNENG 8427	54	184	93	23.2	42	40	6.0	3.6	2791
ALANJE-1	55	197	102	18.6	43	41	7.3	3.9	2783
M-1	55	199	105	25.6	41	41	3.5	3.6	2779
X-3214	57	209	108	35.9	39	38	6.0	3.8	2778
XL-604	55	193	106	15.1	43	43	12.3	4.0	2709
X-3204	55	203	107	23.8	42	38	6.0	3.4	2685
XL-678	58	195	109	24.4	43	41	8.5	4.1	2166

C.V. 10.47%  
X Rendimiento 2973 kg/ha

APENDICE 3. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE  
LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN LAS TABLAS ABAJO, 1990

Híbridos	Días a Flor	Altura Planta	CM Maíz	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Tot.	Mazorca Podr.	Asp. Mazorca	Rend. kg/ha
E-2416	57	216	110	43.8	44	42	2.3	2.6	5066
P-8802	57	216	111	23.8	43	42	4.5	3.1	4876
X-3098	57	223	125	24.4	43	40	3.0	3.0	4655
X-3214	57	234	118	51.2	42	39	3.3	2.9	4631
P-8812	57	218	111	26.2	43	39	3.5	3.1	4554
E-6416	56	228	113	42.4	43	42	5.0	3.1	4539
P-8916	56	208	103	20.5	44	40	3.5	3.1	4539
XL-604	57	221	113	34.1	41	40	3.5	2.8	4448
X-3078	56	210	111	38.4	41	41	2.3	2.9	4281
E-241010	57	219	103	15.7	43	38	3.0	2.9	4250
ALANJE-1	55	211	106	22.0	42	38	2.5	2.8	4181
XL-678	58	225	108	19.8	43	36	1.5	2.9	4084
G-8128	57	198	93	18.5	42	39	2.8	3.0	4030
P-8814	57	228	109	20.1	41	36	4.5	3.4	3882
M-1	57	218	104	30.6	40	36	2.0	2.9	3882
COMAYAGUA 8528	55	199	95	41.0	39	35	3.3	3.3	3614
MUNENG 8427	56	211	100	17.0	41	37	3.0	2.8	3507
X-304C	56	241	123	28.0	41	38	8.0	3.4	3505
X-3204	58	219	115	30.6	40	33	6.0	3.9	2482
H-201	56	184	86	19.5	41	36	4.0	3.8	2154

C.V. 14.04%  
X Rendimiento 4858 kg/ha

APENDICE 4. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE  
LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN LA COCOBOLA, 1990

Hibridos	Días a Flor	Altura Planta	CM Malz	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Tot.	Mazorca Podr.	Asp. Mazorca	Rend. kg/ha
E-2416	56	241	126	57.3	41	37	3.0	2.6	5100
X-3214	56	244	125	57.3	41	39	2.3	2.3	5029
P-8916	56	245	124	34.5	42	37	5.5	2.8	4686
P-8802	57	263	138	54.5	39	40	4.8	3.1	4640
X-304C	55	244	111	35.6	40	39	3.8	2.4	4535
E-241010	57	244	128	34.5	42	39	3.8	3.1	4456
X-3078	56	239	121	45.6	40	37	2.3	2.9	4399
X-3098	56	240	131	44.5	41	41	5.5	2.9	4264
XL-604	56	224	125	42.3	39	39	5.8	3.3	4228
E-6416	55	255	135	54.1	43	37	8.8	3.4	4199
X-3204	56	228	125	46.1	38	35	4.3	3.4	3973
G-8128	56	234	120	37.5	40	34	4.0	3.1	3888
P-8814	57	274	136	35.8	44	34	7.3	3.4	3840
M-1	57	240	123	62.8	37	34	3.3	2.6	3687
COMAYAGUA 8528	55	226	113	45.5	39	38	4.8	3.4	3670
ALANJE-1	55	215	116	34.4	40	36	2.3	3.1	3560
XL-678	56	254	138	43.8	36	37	4.5	3.0	3535
P-8812	56	266	133	31.9	40	32	7.0	3.3	3509
MUNENG 8427	56	239	124	38.4	41	39	4.5	3.1	3509
H-201	53	229	115	48.1	40	29	2.5	3.3	2309

C.V. 18.3%  
X Rendimiento 4056 kg/ha

APENDICE 5. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE  
LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN PARITA, 1990

Hibridos	Días a Flor	Altura Planta	CM Maiz	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Tot.	Mazorca Podr.	Asp. Mazorca	Rend. kg/ha
E-241010	57	244	125	47.1	35	38	1.5	2.5	6359
P-8802	57	263	138	29.9	41	41	2.5	2.8	6323
P-8812	56	266	133	37.5	34	40	3.5	2.6	6151
E-2416	56	241	123	47.8	35	39	3.3	2.8	5882
X-3078	56	245	118	38.8	38	41	2.8	2.8	5872
ALANJE-1	55	216	115	55.0	34	40	2.3	2.5	5662
E-6416	55	255	135	60.0	35	38	3.0	2.9	5632
P-8916	56	248	126	44.6	37	37	3.3	3.0	5612
X-3214	56	244	125	57.5	40	39	1.0	2.3	5585
P-8814	57	274	136	47.3	37	37	4.0	2.9	5458
XL-678	56	254	136	54.4	34	36	4.0	2.5	5293
M-1	57	241	124	40.0	35	38	2.0	2.9	5262
X-3098	56	243	131	43.2	37	37	5.5	3.1	5178
CAMAYAGUA 8528	55	229	115	50.8	32	40	3.5	3.4	5159
G-8128	56	234	130	41.0	36	38	3.5	3.0	5035
XL-604	56	224	125	33.1	37	39	3.3	2.9	4970
X-304C	55	244	111	37.9	35	34	2.0	2.5	4875
MUNENG 8427	56	239	123	38.6	35	38	3.3	2.8	4525
H-201	53	229	115	50.7	35	38	1.8	2.8	4408
X-3204	56	228	125	50.0	33	34	1.5	3.1	4401

C.V. 13.0%  
X Rendimiento 5614 kg/ha

APENDICE 6. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN GUARUMAL, 1990

Híbridos	Días a Flor	Altura Planta	CM Maíz	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Mazorca Tot.	Mazorca Podr.	Asp. Mazorca	Mazorca Decub.	Rend. kg/ha
P-8916	57	209	91	12.5	42	42	2.8	2.5	3.3	3540
E-2416	57	218	99	60.4	42	43	2.3	2.5	2.8	3280
E-6416	56	228	95	29.4	41	42	7.8	3.3	2.8	3114
P-8614	57	226	92	22.2	39	39	4.0	2.5	3.5	3047
P-8802	59	226	93	15.8	40	40	2.0	2.5	3.0	2973
X-3098	56	205	93	17.7	41	41	4.5	2.8	3.0	2930
E-241010	57	209	89	28.8	40	41	2.5	3.0	3.0	2811
P-8812	58	219	92	28.2	41	41	6.0	2.8	3.0	2559
X-3078	55	191	73	35.3	39	36	6.5	3.3	3.0	2354
H-201	53	200	79	21.1	38	40	7.0	3.0	2.5	2308
XL-604	57	201	74	10.1	38	39	8.3	3.3	2.8	2271
XL-678	58	212	87	20.9	36	38	4.8	3.0	3.3	2264
X-304C	55	210	78	29.8	35	38	9.8	3.0	2.5	2206
M-1	58	201	76	24.2	38	38	4.3	3.0	3.0	2039
MUNENG 8427	56	203	72	20.0	33	34	5.5	3.0	3.0	2021
X-3204	57	206	83	15.1	35	35	7.5	3.0	2.8	1981
G-8128	56	188	71	23.0	36	37	3.3	3.3	2.8	1979
X-3214	56	207	84	53.3	34	31	3.8	2.8	2.8	1915
CAMAYAGUA 8528	56	193	76	65.9	28	31	8.5	3.3	3.3	1806
ALANJE-1	56	195	78	34.3	37	35	5.3	3.0	3.0	1628

C.V. 13.8%  
 X Rendimiento 2451 kg/ha

APENDICE 7. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN SAN JOSE, 1990

Híbridos	Días a Flor	Altura Planta	CM Maíz	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Tot.	Hazorca Podr.	Asp. Hazorca	Rend. kg/ha
P-8802	57	249	134	13.9	43	42	2.8	2.8	5163
E-6416	55	250	128	46.3	41	39	2.7	2.8	4962
P-8916	56	236	124	40.7	43	42	3.5	3.1	4897
E-2416	56	241	130	31.3	44	42	2.3	2.9	4855
E-241010	57	230	124	45.8	42	40	1.5	2.4	4748
P-8814	57	244	129	31.8	44	40	2.8	3.0	4559
P-8812	56	249	139	31.8	44	39	2.3	2.8	4500
X-3098	56	229	126	34.9	43	39	1.5	2.4	4179
X-3214	56	249	113	49.4	44	39	2.3	2.8	4116
XL-604	56	230	128	26.3	39	37	1.8	2.1	3988
G-8128	56	221	108	28.8	40	37	2.3	2.9	3713
MUNENG 8427	56	239	124	25.0	42	37	6.8	2.9	3681
X-304C	55	226	105	32.7	39	36	2.5	2.9	3622
H-1	57	229	108	41.3	40	35	0.8	2.9	3471
ALANJE-1	55	225	115	23.2	41	35	1.5	3.0	3377
XL-678	56	240	128	29.7	37	30	1.3	2.9	3355
X-3078	56	211	106	40.0	25	32	1.5	2.6	3288
COMAYAGUA 8528	55	219	103	31.3	40	36	2.8	3.1	3286
X-3204	56	231	114	21.3	40	36	3.5	3.5	3004
H-201	53	210	105	21.9	40	36	3.0	2.9	2920

C.V. 11.8%  
X Rendimiento 3972 kg/ha

APENDICE 8. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN PARIS, 1990

Híbridos	Días a Flor	Altura Planta	CM Maíz	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Tot.	Hazorca Podr.	Asp. Hazorca	Rend. kg/ha
P-8802	57	264	133	28.0	42	42	2.0	2.9	8014
E-2416	56	253	138	34.8	41	42	2.0	2.8	5810
E-6416	55	249	139	24.4	41	40	3.3	3.1	5751
X-3098	56	246	133	26.2	42	42	3.0	3.0	5330
X-304C	55	240	119	28.6	42	41	1.0	2.4	5191
P-8814	57	269	133	11.3	40	37	3.0	3.1	5183
E-241010	57	239	116	23.8	40	38	1.8	2.8	5106
P-8812	56	265	134	16.5	41	38	2.0	3.0	5105
X-3078	56	238	116	21.8	39	40	2.0	2.6	4957
P-8916	56	239	126	11.9	44	40	2.8	3.5	4713
G-8128	56	235	120	20.0	40	40	2.8	3.1	4705
XL-604	56	231	125	8.6	38	37	1.3	3.0	4466
MUNENG 8427	55	248	125	11.9	40	35	1.3	2.4	4392
ALANJE-1	55	216	118	19.4	40	38	1.8	2.8	4392
COMAYAGUA 8528	55	230	119	27.6	39	37	3.5	3.5	4271
X-3214	56	246	121	45.4	38	38	1.3	2.5	4265
H-1	57	239	121	26.9	39	37	2.0	3.4	4152
X-3204	56	248	134	23.2	42	39	4.8	3.6	4043
XL-678	56	248	133	15.9	41	39	3.5	3.3	3724
H-201	53	236	126	16.5	41	37	2.8	3.3	3715

C.V. 11.8%  
X Rendimiento 4764 kg/ha

APENDICE 9. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS CULTIVOS COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN GUARARE, 1990.

Híbridos	Días a Flor	Altura Planta	CH Mazorca	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Tot.	Mazorca Podr.	Asp. Mazorca	Rend. kg/ha
E-6416	55	221	115	8.9	42	40	2.8	2.8	5256
E-241010	57	228	114	2.3	43	40	1.8	2.6	5116
P-8916	56	218	106	0.1	43	42	2.3	2.6	5107
P-8802	57	239	134	2.3	43	43	2.8	3.0	5055
E-2416	56	229	121	13.9	43	42	2.0	2.5	5027
X-3214	56	239	115	3.7	41	40	1.0	2.3	4867
XL-604	56	196	111	2.3	43	43	2.5	2.1	4646
X-3078	56	210	106	6.4	39	35	2.0	2.9	4576
X-3098	56	208	111	6.4	43	41	1.3	2.6	4532
P-8812	56	239	118	1.7	44	39	2.5	3.0	4411
P-8814	57	234	121	1.2	43	38	3.0	2.9	4275
G-8128	56	204	98	4.1	43	39	0.5	3.1	4054
COMAYAGUA 8528	55	221	104	6.5	42	38	2.0	2.8	3924
M-1	57	230	96	0.6	41	36	2.3	2.8	3748
ALANJE-1	55	233	125	4.3	41	37	1.8	3.0	3667
X-304C	55	216	98	4.3	41	36	3.3	2.9	3657
H-201	53	198	101	2.4	42	40	2.3	2.1	3650
NUNENG 8427	56	200	96	6.3	40	36	1.8	2.8	3557
X-3204	56	230	111	2.4	41	37	3.3	3.1	3541
XL-678	56	219	118	3.0	41	35	2.5	2.9	3539

C.V. 12.7%  
X Rendimiento 4310 kg/ha

APENDICE 10. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN SIOGUI, 1990

Híbridos	Días a Flor	Altura Planta	CH Maíz	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Tot.	Mazorca Podr.	Asp. Mazorca	Rend. kg/ha
E-2416	54	259	141	0.0	43	43	0.5	2.8	7273
P-8802	56	280	151	0.6	43	43	1.0	8.8	7269
E-241010	56	264	143	0.6	43	42	0.8	3.3	6882
X-3098	53	259	145	0.0	43	44	2.0	3.5	6878
E-6416	54	284	151	2.8	44	43	2.0	9.0	6633
P-8916	56	266	129	1.2	43	42	2.0	11.0	6363
X-3214	53	293	138	1.9	40	37	0.3	2.3	6359
P-8812	54	269	144	1.1	44	37	0.8	6.5	5831
X-304C	52	268	134	0.0	42	40	1.3	3.3	5790
XL-604	55	255	138	0.6	43	41	2.0	2.3	5721
M-1	54	278	139	1.8	42	38	1.0	2.3	5572
X-3078	53	255	133	0.6	43	40	1.0	3.8	5530
P-8814	56	278	133	1.2	43	39	2.5	9.0	5508
G-8128	53	246	119	0.6	44	40	1.5	1.8	5442
X-3204	55	268	125	0.0	41	37	2.3	5.8	4994
ALANJE-1	52	265	140	3.0	41	38	0.8	1.0	4985
XL-678	57	268	149	2.4	42	38	1.0	1.8	4567
COMAYAGUA 8528	54	239	121	1.2	42	38	2.0	2.0	4467
MUNENG 8427	54	261	130	0.6	41	36	1.0	2.5	4246
H-201	51	246	128	1.9	40	38	1.0	2.5	4020

C.V. 0.3%  
X Rendimiento 5761 kg/ha



APENDICE 11. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN GUARUMAL, CHIRIQUI, 1990

Híbridos	Días a Flor	Altura Planta	CM Malz	Acame Tallo	No. Pl. Cosecha	No. Tot.	Mazorca Podr.	Asp. Mazorca	Rend. kg/ha
E-241010	58	219	120	7.4	34	36	1.0	5.0	6261
E-6416	54	256	124	9.7	36	38	0.8	8.0	6001
P-8812	57	230	128	5.1	34	33	2.5	7.0	4957
P-8814	56	226	106	3.3	30	30	1.3	6.3	5071
P-8916	56	221	121	4.2	30	33	1.0	7.3	5161
X-3098	55	206	123	5.9	34	37	3.8	5.5	4675
X-3214	56	235	128	8.3	27	26	0.3	6.3	4454
E-2416	56	230	118	8.9	31	29	0.3	5.3	4463
X-3078	52	204	109	2.6	29	28	1.0	6.0	4023
X-304C	54	225	106	1.0	25	23	0.3	6.0	3678
X-3204	56	221	123	2.9	26	24	1.0	4.5	3808
G-8128	54	204	109	2.9	26	26	0.8	3.8	3657
MUNENG 8427	56	229	118	6.0	29	28	1.3	3.5	3552
M-1	56	225	119	8.6	26	23	0.3	4.3	3341
XL-604	57	209	111	0.9	27	30	1.0	4.5	3407
COMAYAGUA 8528	54	209	99	5.8	30	26	1.0	5.0	3311
ALANJE-1	53	209	116	3.7	27	23	0.3	2.0	3120
H-201	53	196	100	2.8	27	25	1.3	3.8	3080
XL-678	57	216	119	4.6	27	22	0.5	5.8	2755
P-8802	57	209	115	4.8	21	23	1.3	5.8	2377

C.V. 25.9%  
X Rendimiento 5214 kg/ha

APENDICE 12. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS CULTIVARES COMERCIALES Y EXPERIMENTALES EVALUADOS EN BARU, 1990

Híbridos	Días a Flor	Altura Planta	CM Mazorca	No. Pl. Cosecha	No. Tot.	Mazorca Podr.	Mazorca Decub.	Rend. kg/ha
E-241010	54	277	126	39	41	2.3	17.3	9084
E-6416	51	280	130	37	40	2.5	17.0	8321
P-8812	54	275	131	38	38	0.3	17.8	7970
X-3214	53	292	137	38	37	0.8	20.8	7875
P-8916	53	271	121	34	40	1.0	20.0	7775
P-8814	53	286	128	38	38	1.5	13.5	7439
X-304C	53	281	120	36	35	1.8	15.8	7134
X-3098	52	275	133	37	39	1.0	8.5	7134
P-8802	55	276	126	39	43	3.3	26.5	7044
X-3204	53	272	128	34	34	3.0	13.8	6734
X-3078	53	245	107	37	35	2.3	11.5	6649
E-2416	54	270	131	39	43	4.5	12.3	6288
M-1	54	276	120	38	39	2.0	1.3	6268
G-8128	54	254	109	38	38	1.5	6.5	6265
MUNENG 8427	53	265	109	35	37	1.8	8.5	6074
XL-604	54	263	119	35	37	3.8	4.8	6047
COMAYAGUA 8528	53	245	105	34	34	3.3	7.3	5571
ALANJE-1	53	250	112	37	34	2.0	5.0	5534
XL-678	55	277	137	36	37	4.5	2.3	5260
H-201	53	231	144	35	33	1.5	3.0	4835

C.V. 12.5%  
X Rendimiento 7493 kg/ha

APENDICE 13. RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha AL 15% DE HUMEDAD DE 20 CULTIVARES DE GRANO AMARILLO, EVALUADOS EN 12 LOCALIDADES DE PANAMA, 1990

Cultivares	LOCALIDADES												X
	Bard	Siogui	La Honda	Parita	Paris	Guarare	Tablas Abajo	Guarumal Alanje	Cocoblos	San José	Rio Hato	Guarumal	
E-241010	9084	6882	6644	6359	5106	5116	4250	6261	4456	4748	3278	2811	5416
E-6416	8321	6633	6915	5632	5751	5256	4539	6001	4199	5097	3508	3113	5414
E-2416	6288	7273	6149	5882	5810	5027	5066	4463	5100	4855	3327	3280	5210
P-8916	7775	6363	6163	5612	4713	5107	4539	5161	4686	4897	3049	3540	5134
P-8802	7044	7269	6365	6323	6014	5055	4876	2377	4640	5163	2794	2973	5074
X-3098	7134	6878	5781	5178	5330	4532	4655	4675	4264	4179	2989	2930	4877
P-8812	7970	5831	5563	6151	5105	4411	4554	4957	3535	4501	3371	2559	4876
X-3214	7875	6359	5995	5585	4265	4867	4631	4454	5029	4116	2778	1915	4822
P-8814	7439	5508	5328	5458	5183	4275	3882	5071	3840	4559	2807	3047	4700
X-3078	6649	5530	5818	5872	4957	4576	4281	4023	4399	3288	2945	2354	4558
X-304C	7134	5790	5403	4875	5191	3657	3505	3678	4535	3622	3208	2206	4400
XL-604	6047	5721	5787	4969	4466	4646	4448	3407	4227	3988	2709	2271	4391
Guararé 8128	6265	5442	5169	5035	4704	4054	4030	3657	3888	3714	3504	1979	4287
M-1	6268	5572	5501	5262	4152	3748	3882	3341	3687	3471	2779	2039	4142
Alanje-1	5534	4985	5435	5662	4392	3667	4181	3120	3612	3377	2783	1628	4031
Comayagua 8427	5571	4467	5123	5159	4272	3924	3614	3311	3670	3286	3072	1806	3940
X-3204	6734	4994	5379	4401	4043	3541	2482	3808	3973	3004	2685	1981	3919
Muneng 8427	6074	4246	4510	4525	4392	3557	3507	3552	3509	3535	2791	2021	3852
XL-678	5260	4567	5171	5293	3724	3539	4084	2755	3558	3355	2166	2264	3811
h-201	4836	4020	4074	4408	3715	3650	2151	3080	2309	2920	2919	2308	3364
X REND. kg/ha	6765	5716	5613	5382	4764	4310	4058	4058	4056	3984	2973	2451	4511
C.V.	13.4	8.3	9.8	13.0	11.8	12.7	14.0	24.4	18.3	11.7	10.5	13.8	
DMS	1260	625	764	1124	779	770	779	1423	1171	619	449	446	

**EVALUACION DEL RENDIMIENTO EN LAS REGIONES OCCIDENTAL Y ORIENTAL DE CUBA DE HIBRIDOS FORMADOS CON CRUZAS SIMPLES CUBANAS Y LINEAS DE MAIZ (*Zea mays* L.) DE GUATEMALA**

**C. M. Torres <sup>1</sup>; O. Pérez <sup>2</sup>; E. García <sup>3</sup>**

**RESUMEN**

Resultados obtenidos en un ensayo de híbridos triples de maíz de grano amarillo, realizado en la Estación de Granos "El Tomeguín" (22° 53' N y 82° 28' W) a 50 msnm en Alquizar (La Habana) y en La Estación de Granos de Velasco (20° 54' N y 76° 15' W) a 305 msnm en Holguín. Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas y la siembra fue de primavera con riego en Abril 1990. Los rendimientos en grano (15.5% hum), en la región occidental fluctuaron desde 4869 kg/ha (Var Pichilingüe 7928) hasta 6584 kg/ha (Híbrido triple (CT-9 x CT - 1) (GA 32). En la región oriental fluctuaron desde 4358 kg/ha (Var Pichilingüe 7928) hasta 6659 kg/ha (Híbrido triple (CT-5xCT-1) (GA32), difiriendo significativamente entre ellos. Los mejores rendimientos en la región occidental se obtuvieron con los híbridos triples (CT-9xCT-1) (GA32) (6584 kg/ha), (CT-542xCT-1) (GA32) (6550 kg/ha), (CT-9xCT-1) (GA36) (6488 kg/ha), (CT-5xCT-1) (GA32) (6379 kg/ha), (CT6AEC-

CxCT-9N) (GA36) (6309 kg/ha), (CT542xCT-1) (GA36) (6251 kg/ha), (CT5xCT-1) (GA36) (6093 kg/ha), (CT-6AEC-CxCT-9N) (GA32) (5618 kg/ha), sin diferir significativamente entre ellos. El rendimiento del híbrido doble T-66 fue de 5260 kg/ha, el de la cruza simple GA888 de 6401 kg/ha, y la media general de 5834 kg/ha. Los mejores rendimientos en la región oriental se obtuvieron con los híbridos triples (CT-5xCT-1) (GA32) (6659 kg/ha), (CT-9xCT-1) (GA36) (6653 kg/ga), (CTx5CT-1) (GA36) (6453 kg/ha), (CT-6AEC-CxCT-9N) (GA32) (6501 kg/ha), (CTx9xCT-1) (GA32) (6228 kg/ha), (CT-6AEC-CxCT-9N) (GA36) (6224 kg/ha), (CT542xCT-1) (GA36) (6027 kg/ha), (CT-542xCT-1) (GA32) (5953 kg/ha), sin diferir significativamente entre ellos. El rendimiento del híbrido doble T-66 fue de 5950 kg/ha, el de la cruza simple GA888 de 6255 kg/ha, y la media general de 5815 kg/ha. Tomando en consideración estos resultados se formaron ocho híbridos dobles

- 
- 1** Especialista Principal. Programa Nacional de Mejoramiento del Maíz. Ministerio de la Agricultura. La Habana Cuba.
  - 2** Técnico. Estación de Granos "El Tomeguín", Alquizar. La Habana.
  - 3** Especialista. Estación de Granos de Velasco. Holguín. Cuba.

para evaluarse en Centro América y El Caribe en un ensayo del Programa Regional de Híbridos del CIMMYT.

### INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos en la formación de nuevos híbridos mediante el mejoramiento del pedigrí de algunos híbridos cubanos con líneas élite del Programa Regional de Híbridos de Guatemala.

Por este procedimiento, se pueden lograr resultados espectaculares en un corto espacio de tiempo de uno a dos años, en la formación de híbridos dobles de maíz mediante la optimización del uso de las cruzas simples, o de algunas de sus líneas componentes de alta aptitud combinatoria, progenitoras de híbridos comerciales de diferentes países de Centro América y el Caribe.

La importancia práctica de este trabajo radica en la necesidad de aprovechar más ampliamente, la inversión económica empleada por Programas Nacionales de Mejoramiento Genético del Maíz durante muchos años en la obtención y evaluación de líneas homogéneas, hasta lograr un sin número de líneas élite que constituyen en la actualidad un material genético altamente seleccionado para la formación de híbridos de alto rendimiento y amplia adaptación, que pueden ser más eficientemente utilizadas, con vistas a capitalizar el formidable

arsenal de heterosis que en las mismas existe, minimizando los costos y el tiempo requerido para lograr esos objetivos, con los procedimientos convencionales de mejoramiento genético para la obtención de maíz híbrido.

### MATERIALES Y METODOS

El material genético utilizado consistió de seis cruzas simples cubanas progenitoras de algunos de los mejores híbridos dobles comerciales de maíz de grano amarillo, y dos líneas élite del Programa Regional de Híbridos de Guatemala con las cuales se formaron nueve híbridos triples o tres vías (A x B) (C). Con estos híbridos triples, cuatro variedades del CIMMYT, el híbrido doble T-66 comercial cubano y la cruza simple GA 888 de Guatemala (Cuadro 1), se formaron dos ensayos para evaluar uno, en la región occidental de Cuba en la Estación de Granos "El Tomegúin" en 22° 53' N y 82° 28' W, a 50 msnm en un suelo rojo latosólico ferralítico Hidratado en Alquizar, La Habana; y el otro en la Est. de Granos de Velasco, Holguín (Academia de Ciencias de Cuba, 1970 y 1975).

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro réplicas, con parcelas de 9 m<sup>2</sup>, de área de cálculo para cada cultivar. Cada parcela constaba de 40 plantas para una densidad de población de 4 4 4 4 4 plantas/ha.

La época de siembra fue

de primavera - lluvia con riego- y se realizó en la primera decena del mes de abril de 1990 en ambas localidades. La cosecha del experimento se efectuó en la primera quincena del mes de agosto de 1990.

La siembra se realizó después de realizar una preparación convencional del suelo, la fertilización fue de 150 kg/ha de N, 90 kg/ha de  $P_2O_5$  y 80 kg/ha de  $K_2O$ . El control de malezas se realizó químicamente aplicando 4 kg/ha de Gesaprim 80% como preemergente. El control de plagas se realizó mediante 6-7 aplicaciones con los insecticidas apropiados: de acuerdo con la época de siembra en cuestión se aplicaron entre 6 y 7 riegos a razón de 250  $m^3$ /ha, mediante el método de aspersión, MINAG (1989).

Las variables a registrar fueron días a floración masculina, altura de la planta y mazorca, calificación a enfermedades, mazorcas podridas, rendimiento en grano entre otras, CIMMYT (1985).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la región occidental, el rendimiento en grano a 15.5% de humedad alcanzó un rango de productividad que fluctuó desde 4869 kg/ha, variedad Pichilingue 7928, hasta 6585 kg/ha, híbrido triple (CT-9 x CT-1) (GA32). Este carácter alcanzó una media general de 5834 kg/ha. Siete híbridos triples y la

cruza simple GA888 superaron la media general de rendimiento. El híbrido doble T-66 un híbrido triple precoz y las 4 variedades rindieron por debajo de la media general, (Cuadro 2).

En la región oriental el rango de productividad estuvo entre 4358 kg/ha., variedad Pichilingue 7928 y 6594 kg/ha, el híbrido triple (CT-5xCT-1) (GA32). La media general de rendimiento fue de 5815 kg/ha. Siete híbridos triples, la crusa simple GA 888 y el híbrido doble T-66 superaron el rendimiento de la media general. Las cuatro variedades y el híbrido triple precoz no lograron sobrepasar el rendimiento de la media (Cuadro 3).

Los menores rendimientos mostrados por variedades, los situaron en relación a este carácter en un último lugar, los mayores rendimientos de la crusa simple, el híbrido doble y los triples, concuerdan con los resultados obtenidos por Jugenheimer (1936), haciendo comparaciones entre el rendimiento y la uniformidad de varios tipos de híbridos, Jugenheimer (1959) y CIMMYT (1986).

La tendencia en la uniformidad de los rendimientos, en la región occidental como en la oriental, revelan buena capacidad de adaptación para realizar altas producciones en diferentes ambientes, tal como se hace referencia en la introducción.

Las evaluaciones en las

características de las plantas mostraron que en la región occidental los días a floración masculina, fluctuaron desde 48 en el híbrido triple precoz, hasta 56 en el híbrido doble T-66. La media general fue de 53 días. Siete híbridos triples y la cruza GA 888 florecieron en 57 a 59 días. Las variedades florecieron por debajo de la media general de 54 días (Cuadro 3).

Se conoce que el número de días hasta el 50% de la emergencia de la espiga floración masculina en diferentes cultivares de maíz es altamente influenciado por la época de siembra. En la primavera -lluvia- la floración ocurre 8-12 días antes del tiempo requerido para florecer en la época de siembra de frío -seca, Torres y Betancourt (1979) y Torres (1976).

La altura de las plantas en la región occidental osciló desde 253.75 cm hasta 290.00 cm, alcanzando una media general de 276.42 cm. Cuatro híbridos triples y la cruza GA 888 alcanzaron alturas de plantas superiores a la media (Cuadro 2).

En la región oriental se observa una reducción de unos 20 cm en el desarrollo vegetativo de las plantas. La menor altura fue de 233.75 cm en la variedad Poza Rica 8326 y la mayor de 280.00 cm en el híbrido triple (CT-542xCT-1) (GA36). La media general fue de 256.75 cm. Todas las variedades y el híbrido triple precoz

alcanzaron alturas de plantas inferiores a la media (Cuadro 3).

La altura de la planta, es otro carácter que en Cuba, resulta muy influenciado por la época de siembra, alcanzando una mayor altura en la época de lluvia en relación a la altura total en época seca, Torres (1978). Los cultivares de mayor talla resultan, generalmente ser también los de mayor rendimiento, Green (1955), Torres y Betancourt (1979).

La altura de la mazorca en la región occidental fue de 111.25 cm en la variedad Poza Rica 8326, y de 153.75 cm en el híbrido triple (CT-542xCT-1) (GA36). La media general alcanzó 140.83 cm. Todas las variedades tuvieron menor altura de mazorca que la media del experimento, en contraste con los híbridos que tuvieron altura de mazorca superior a la media general (Cuadro 2).

En la región oriental también la altura de la mazorca resultó inferior en casi 10 cm. La menor altura de 123.75 cm la alcanzó el híbrido triple precoz y la mayor, de 150.00 cm el híbrido triple (CT-5xCT-1) (GA36). La media general fue de 130.42 cm (Cuadro 3).

El porcentaje de mazorcas podridas en el ensayo de la región occidental varió desde 1,6% en el híbrido triple (CT-542xCT-1) (GA36) hasta 10,5% en el híbrido triple precoz y, el 10% la

variedad Poza Rica 8326. La media general fue de 5.6% que es baja, si tomamos en cuenta lo favorable de la época en que se desarrolló el ensayo para altas afectaciones por pudrición de mazorcas en ausencia de resistencia y buena cobertura de la mazorca. Todas las variedades presentaron pudrición de mazorcas superiores a la media. Los híbridos no sobrepasaron el valor de la media general, mostrando una bien diferenciada posición (Cuadro 2).

En la región oriental, el porcentaje de mazorcas podridas no fue muy diferente entre los quince cultivares del ensayo. La media general fue 15.5%, y por tanto, las variedades como los híbridos presentaron afectaciones con valores muy cercanos a la media (Cuadro 3).

Comparando la media general de las afectaciones por pudrición de mazorcas de 5.5% y de 5.6% en las regiones occidental y oriental de Cuba en la época de siembra más favorable para el desarrollo de las pudriciones, observamos que son casi la mitad de los valores informados en la XXXV Reunión Anual del PCCMCA, que alcanza una media general de 10.60%, Córdova (1989).

El acame de raíz y de tallo no fue evaluado a causa de afectaciones en el experimento por tormentas severas de aires superiores los 70 kg/hora, granizos y torrenciales aguaceros propios de la época de primavera en

Cuba.

La calificación de las enfermedades predominantes Roya ssp, y virosis (espiroplasmas / micoplasmas) en la región occidental fueron 0.5 en escala de 0 a 5 para roya. Las virosis presentan una media general de 3.9%. Todas las variedades presentaron afectaciones que sobrepasaron la media. Los híbridos no llegaron a ese valor de 3.9% de afectación (Cuadro 2).

En la región oriental, la afectación por roya fue de 1.0 en el híbrido triple (CT-xCT-1) (GA36) y de 4.0 en las variedades Poza Rica 8326 y Capinapolis 8224. La calificación por virosis alcanzó una media general de 3.2%, valores del orden de 1% de afectación sólo se encontraron en tres híbridos triples, el resto de los cultivares presentaron afectaciones muy cercanos y por encima del valor medio (Cuadro 3).

La media poblacional propuesta en ambos ensayos fue de 40 plantas en la parcela de 9 m<sup>2</sup>. En la región occidental se logró tener al momento de la cosecha 39 plantas que produjeron una media general de 40 mazorcas por parcela para prolificidad de 103% (Cuadro 2).

En la región oriental la media poblacional fue de 32 plantas por parcela, con una producción de solamente 36 mazorcas como media general y un 113% de prolificidad

(Cuadro 3).

La densidad de población seleccionada previamente de 44444 plantas por hectárea, fue sólo de 43333 en la región occidental, en la oriental fue de 35555 plantas por hectárea. Esta densidad de población favoreció la prolificidad alcanzada en esa región, lo cual también fue decisivo para producir rendimientos similares a los de la región occidental. Además, el comportamiento observado en cuanto a adaptación y rendimiento, sugiere la existencia en los cultivos, de efectos de amortiguación poblacional e individual los cuales confieren la capacidad de exhibir estabilidad en los genotipos Allard y Bradshaw (1967) citado por Córdova (1989). Se sugiere un estudio para estimar los parámetros de estabilidad que permitan describir los genotipos de acuerdo a su respuesta a través de ambientes contrastantes.

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se concluye demostrando que mediante el mejoramiento del pedigrí de híbridos cubanos con líneas élite de Guatemala se pudiesen obtener híbridos dobles promisorios en un corto período de tiempo de uno a dos años.

Se demuestra que los híbridos triples o tres vías, (A x B) (C) formados con cruces simples cubanas y líneas del programa de híbridos de Guatemala cuentan

con buena capacidad de adaptación y rendimiento en las condiciones de la época de siembra de primavera en Cuba.

Tomando en cuenta el comportamiento de los híbridos triples se formaron ocho híbridos dobles promisorios.

Se recomienda evaluar los híbridos dobles formados en base al mejoramiento del pedigrí, en Centroamérica y el Caribe en un ensayo del Programa Regional de Híbridos del CIMMYT, y estimar los parámetros de estabilidad que permitan describir los genotipos de los diferentes cultivos encartados en el estudio.

#### **BIBLIOGRAFIA**

**ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA. 1970.** Atlas Nacional de Cuba. La Habana.

\_\_\_\_\_. 1975. Clasificación Genética de los Suelos de Cuba.

**CIMMYT. 1985.** Modelo de Ensayos e Informes de Datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT.

\_\_\_\_\_. 1985. Informe Anual p. 16.

\_\_\_\_\_. 1987. Hechos y Tendencias Mundiales relacionadas con el Maíz 1986: Aspectos Económicos de la Producción de Semilla de Variedades Comerciales de Maíz en los Países en



Desarrollo.

**CÓRDOVA, H. S. 1989.** Informe de la XXXV Reunión Anual de PCCMCA. San Pedro Sula, Honduras. Abril.

**GREEN, V. E. 1955.** Asociación de la altura de la planta y la cosecha en maíz tropical. Rev. Turrialba (3): 83.

**MINAG. 1989.** Instituto Técnico para el Cultivo del Maíz. Dirección Nacional de Cultivos Varios. Ministerio de la Agricultura. Cuba.

**TORRES, C. M. 1976.** Resultados Obtenidos en la Producción Experimental de Maíz en la República de Cuba. Grupo de Trabajo Rumano-Cubano. La Habana, Cuba. p.16.

**\_\_\_\_\_ y J. BETANCOURT. 1979.** Nuevos Híbridos Dobles de Maíz para Cuba. I. Informe Preliminar. Ciencia y Técnica en la Agricultura. Se. Viandas Hortalizas Y granos, Vol.2. 1: mayo. La Habana, Cuba.

CUADRO 1. HIBRIDOS TRIPLES, CRUZA SIMPLE, HIBRIDO DOBLE COMERCIAL CUBANO Y VARIEDADES DEL CIMMYT UTILIZADOS EN EL ENSAYO. 1990.

Entrada	Cultivar	Procedencia
1	(CT-542xCT-1) (GA36)	Cuba
2	(CT-542xCT-1) (GA32)	Cuba
3	(CT-9xCT-1) (GA36)	Cuba
4	(CT-9xCT-1) (GA32)	Cuba
5	(CT-5xCT-1) (GA36)	Cuba
6	(CT-5xCT-1) (GA32)	Cuba
7	(CT-39xCT-187) (CT-2325)	Cuba
8	GA 32 x GA 36	Guatemala
9	(CT-6AEC-CXCT-9N) (GA36)	Cuba
10	(CT-6AEC-CXCT-9N) (GA32)	Cuba
11	Variedad Ferke 8336	CIMMYT
12	Variedad Poza Rica 8326	CIMMYT
13	Variedad Capinapolis 8224	CIMMYT
14	Variedad Pichilingue 7928	CIMMYT
15	Hibrido doble T-66	Cuba

Abreviaturas:

CT: C- CUBA

T- Torres, fitomejorador autor de la línea, la crusa o el híbrido

GA: Guatemala

CIMMYT: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

AEC-C: Androesterilidad citoplasmica del tipo C.

N: Citoplasma Normal

CUADRO 2. MEDIAS DE RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 15 CULTIVARES DE MAIZ EVALUADOS EN LA REGION OCCIDENTAL DE CUBA, 1990.

Cultivar	Rend. Grano kg/ha	Días Flor Masc.	Altura Pta.	Maz. (cm)	Maz. Pod. (%)	Aspecto Pt. Maz. (Esc. 1-5)		Roya (1-5)	Virus (%)	Maz. # Cos Pt.		Prol. (%)
4	6585a	55ab	276abc	146ab	5.4ab	1	1	0.5	1c	43a	40a	108
2	6550a	56a	286ab	144ab	2.1b	1	1	0.5	2bc	41ab	39ab	105
3	6480a	54ab	289ab	150a	2 b	1	1	0.5	1c	42ab	39ab	108
8	6401a	53bc	281ab	138ab	3.9ab	1	1	0.5	1c	43a	39ab	110
6	6380a	55ab	270abc	146ab	4.1ab	1	1	0.5	3b	43a	38b	110
9	6309a	55ab	280ab	144ab	3.7ab	1	1	0.5	1c	40b	37bc	108
1	6251a	56a	290a	154a	1.6b	1	1	0.5	1c	41ab	40a	103
5	6093a	53bc	275abc	143ab	3.5ab	1	1	0.5	1c	42ab	40a	105
11	5642ab	51d	270abc	146ab	8.6ab	2	2	0.5	6a	39ab	38abc	103
10	5618ab	55ab	263ab	144ab	3.2ab	1	1	0.5	1c	39ab	38abc	103
13	5476ab	52cd	280ab	140ab	7.9ab	2	2	0.5	7a	37ab	37bcd	100
15	5260ab	56a	275abc	150a	3.8ab	2	2	0.5	1c	40ab	38abc	105
14	4869b	53ab	279abc	140ab	7.8ab	2	3	0.5	6a	38ab	37bcd	103
12	4802b	49e	254c	111b	10.0a	2	4	0.5	6a	37ab	38abc	97
7	4800b	48e	274abc	136ab	10.5a	1	4	2.0	3b	37ab	36d	103
$\bar{x}$ General	5834	53	276	141	5.6	-	-	-	3.9	40	39	103
C.V. (%)	9.5	2.2	3.8	10.3	40.9	-	-	-	17.9	5.8	2.3	-
E S	545.8**	1.19**	10.61**	14.54**	5.19**	-	-	-	1.58**	2.33*	0.9**	-

\*\* P<0.01

abcd. - Medias con superíndices diferentes, difieren a P=0.05 (NEWMAN KEULS)

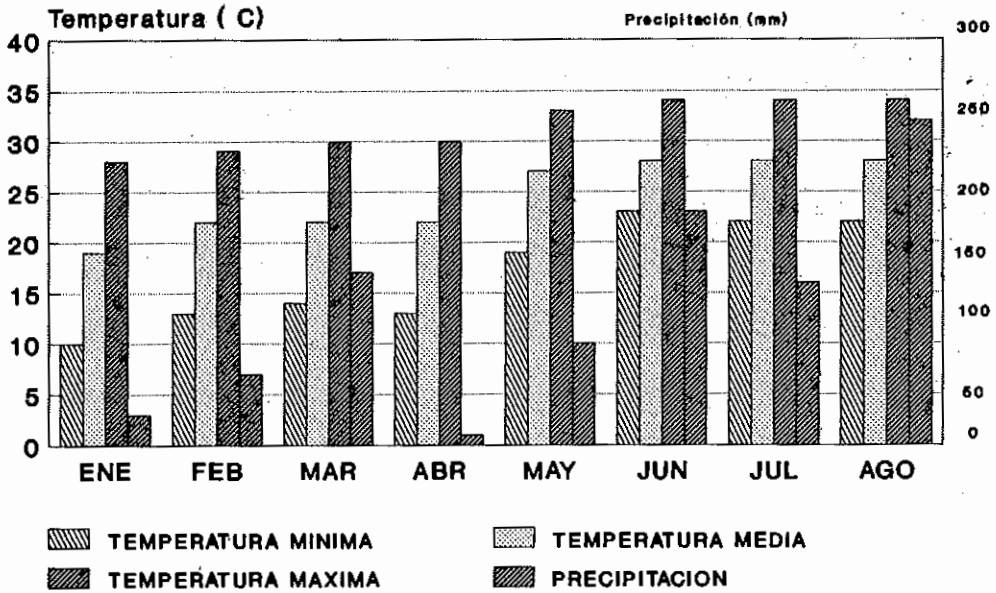
CUADRO 3. MEDIAS DE RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 15 CULTIVARES DE MAIZ EVALUADOS EN LA REGION ORIENTAL DE CUBA, 1990.

Cultivar	Rend. Grano kg/ha	Días Flor Masc.	Altura Pta.	Maz. (cm)	Maz. Pod. (%)	Aspecto Pt. Maz. (Esc. 1-5)	Roya (1-5)	Virus (%)	Maz. # Cos	Pt.	Prol. (%)
6	6594a	58bc	263bc	135ab	5.4b	1 1	2.5	1c	30c	28cd	107
3	6553a	57cd	264bc	136ab	3.4b	1 1	2.0	4abc	46ab	39ab	118
10	6502a	59b	250b-e	129abc	6.0b	1 1	2.5	2c	45ab	42a	107
5	6453a	56d	270ab	150a	8.0b	1 1	1.0	1c	43b	35abc	123
8	6265ab	56d	258bcd	133ab	4.9b	1 1	2.0	3abc	53a	39ab	136
4	6280ab	58bc	259bcd	134ab	7.1b	1 1	2.5	4abc	40b	36abc	111
9	6224ab	60ab	264bc	135ab	4.5b	1 1	2.5	3bc	53a	38ab	139
1	6027ab	57cd	280a	146ab	6.0b	1 1	2.0	3bc	46ab	36abc	128
2	5953ab	59bc	263bc	131abc	6.1b	1 1	2.0	3abc	41b	41ab	100
15	5950ab	61a	261bc	139ab	7.0b	2 2	3.0	7ab	31c	27d	115
13	5280ab	53e	243def	123bcd	11 b	2 2	4.0	3abc	45ab	41ab	110
11	5272b	53e	238ef	110cd	6.1b	2 2	3.5	3abc	41b	36abc	139
12	5171b	50f	234f	106d	7.1b	2 4	4.0	4abc	45ab	40ab	112
14	4358c	53e	252b-e	126a-d	6.0b	2 3	3.0	8a	39b	32bcd	122
7	4357c	50f	256b-e	124bcd	23 b	1 4	3.5	1c	38b	36abc	106
$\bar{x}$ General	5815	54	257	130	5.5	- -	-	3.2	36	32	113
C.V. (%)	8.3	1.8	3.2	7.9	24.9	- -	-	31.1	10.5	9	-
E S	479.4**	1.01**	8.11**	10.27**	3.83**	- -	-	3.07**	3.79*	3.81*	-

\*\* P<0.01

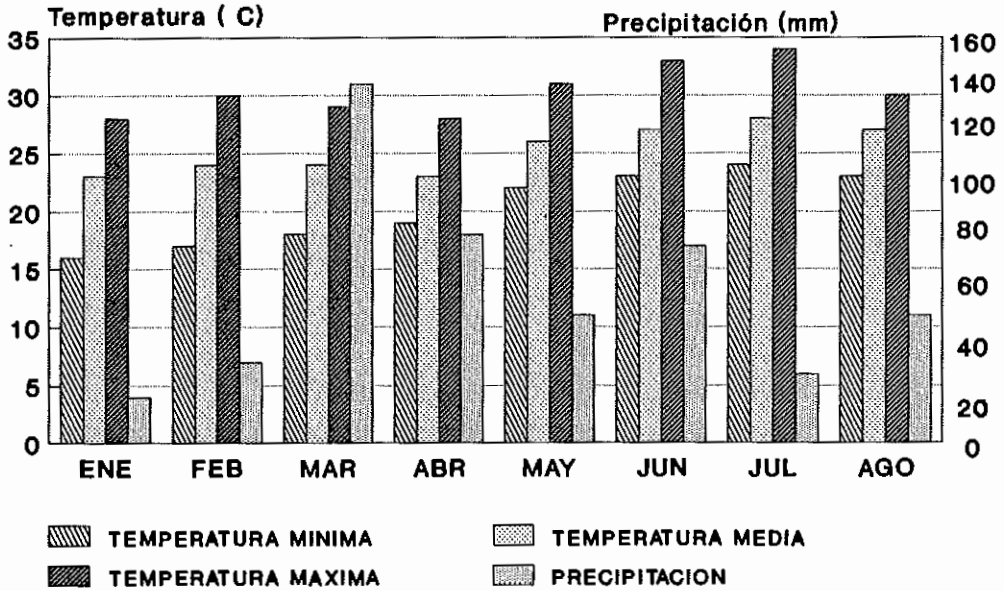
abcd. - Medias con superíndices diferentes, difieren a P=0.05 (NEWMAN KEULS)

### CONDICIONES METEREOLÓGICAS PARA PERIODO EXPERIMENTAL (ALQUIZAR, 1987)



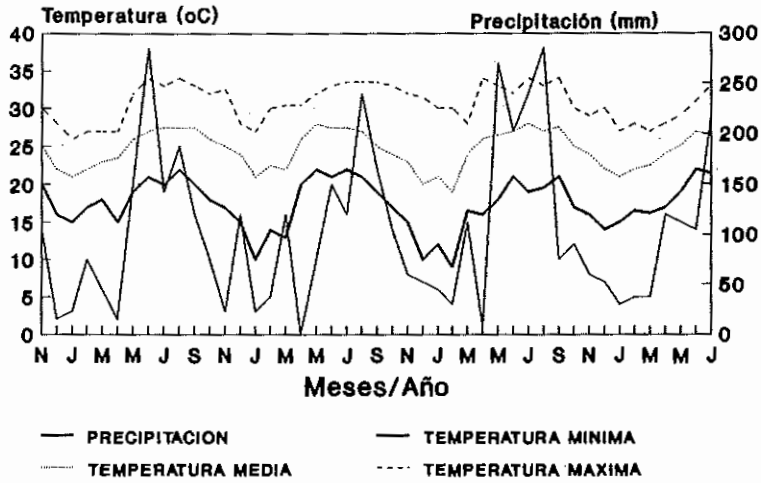
EST. EXP. DE GRANOS 'EL TOMEQUIN'

### CONDICIONES METEOROLÓGICAS PARA PERIODO EXPERIMENTAL (VELASCO, 1987)



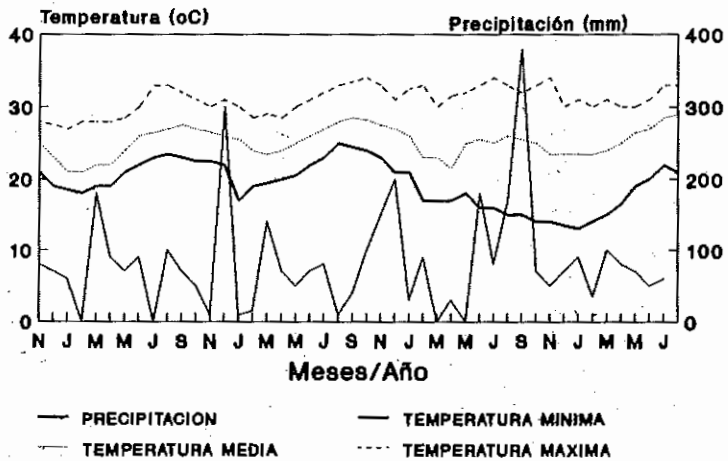
EST. EXP. DE GRANOS 'EL TOMEQUIN'

**FIG 1. CONDICIONES METEREOLÓGICAS  
(ALQUIZAR, 1985-1989)**



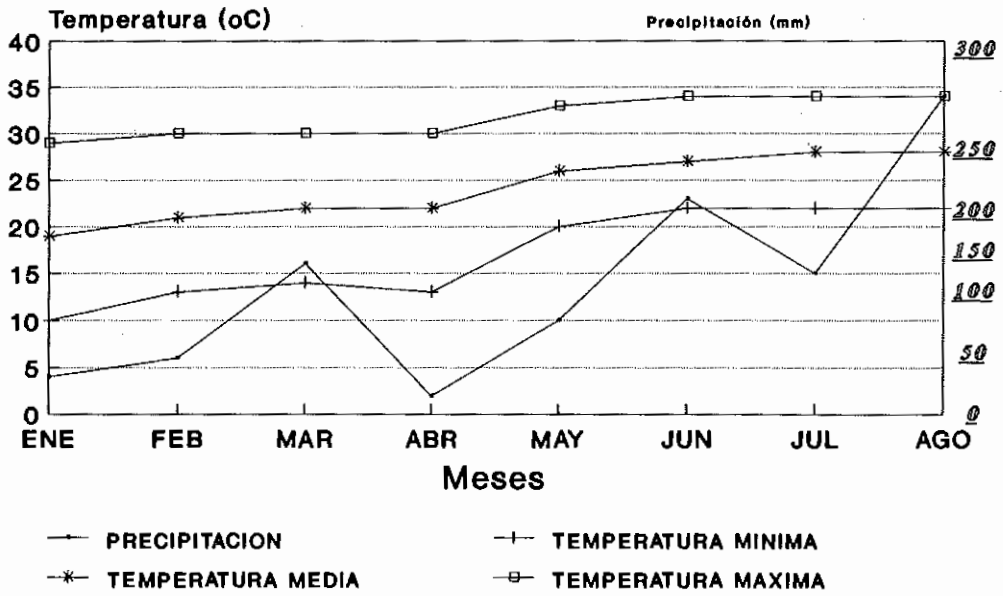
EST. EXP. DE GRANOS 'EL TOMEGUIN'

**FIG 2. CONDICIONES METEREOLÓGICAS  
(VELAZCO, 1985-1989)**



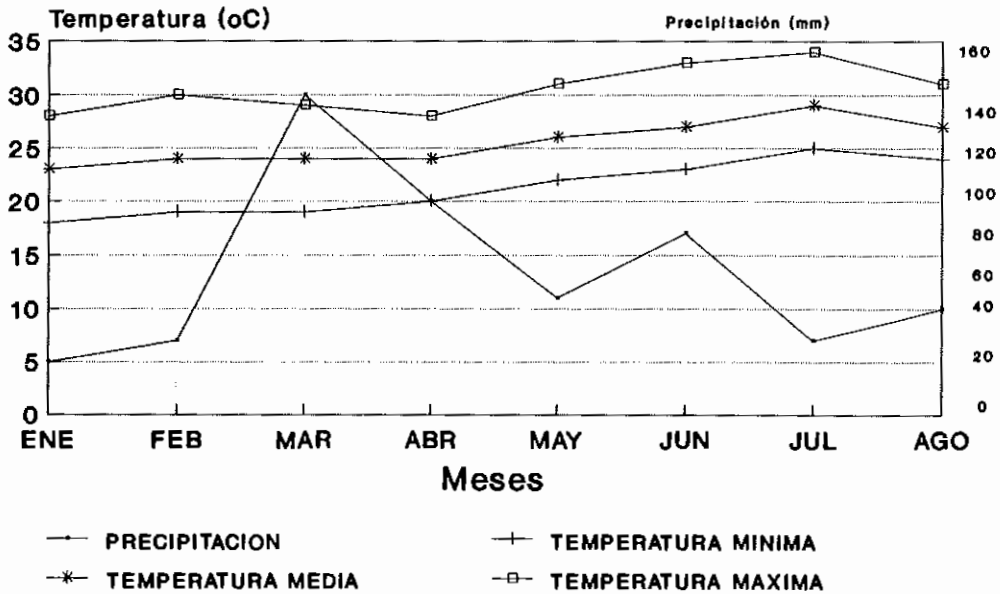
EST. EXP. DE GRANOS 'EL TOMEGUIN'

## CONDICIONES METEOROLOGICAS PARA PERIODO EXPERIMENTAL (ALQUIZAR, 1987)



EST. EXP. DE GRANOS 'EL TOMEGUIN'

## CONDICIONES METEOROLOGICAS PARA PERIODO EXPERIMENTAL (VELASCO, 1987)



EST. EXP. DE GRANOS 'EL TOMEGUIN'

## GENOTECNIA VEGETAL. Evaluación de Cultivares II

### ESPUESTA A SELECCION RECURRENTE DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS DE MAIZ (*Zea mays* L.) ADAPTADAS AL AMBIENTE DE HUMEDAD LIMITADA

L. Brizuela <sup>1</sup>; N. Maradiaga <sup>2</sup>; J. L. ZEA <sup>3</sup>;  
A. Aguiluz <sup>4</sup>; H. Cordova <sup>5</sup>

#### RESUMEN

El mejoramiento de maíz para adaptación a condiciones de humedad limitada debe estar basado en la hipótesis de que existen genes favorables que contribuyen a la estabilidad del rendimiento, bajo este factor adverso de producción y que es posible acumular la frecuencia de estos genes a través de selecciones bajo los ambientes apropiados. El Proyecto Colaborativo de Sequía incluye dentro de su metodología la evaluación de familias de medios hermanos (previo a la formación de líneas S1) bajo condiciones de precipitación pluvial errática, con el objetivo de capitalizar en esos alelos favorables.

En 1990, se evaluaron 196 familias de medios hermanos provenientes de la recombinación de 40 líneas S1 tolerantes a sequía provenientes de segundo ciclo de mejoramiento.

La evaluación fue realizada en tres ambientes

de El Salvador, Honduras, y Guatemala, bajo un diseño de Látxice 14 x 14 con dos repeticiones por localidad.

Los resultados del análisis de varianza indican diferencia significativa para rendimiento y características agronómicas de interés en Guatemala y El Salvador y análisis combinado de las tres localidades.

El diferencial de selección para rendimiento de las familias escogidas para formar la variedad experimental fue de 16.01%. Las características agronómicas de importancia económica fueron superiores a la media de la población.

Se aplicó una presión de selección del 20%, lo cual permitió seleccionar 40 familias de medios hermanos, que dieron origen a 324 líneas S1 para iniciar el tercer ciclo de selección recurrente.

- 
- 1 Jefe. Programa Maíz/Recursos Naturales, Honduras, C.A.
  - 2 Asistente. Prog. de Maíz/RR.NN. Honduras, C.A.
  - 3 Técnico. Programa de Maíz ICTA, Guatemala, C.A.
  - 4 Coordinador. Programa de Maíz/CENTA, El Salvador C.A.
  - 5 Coordinador. Regional de Maíz CIMMYT para C.A. y el Caribe.



## INTRODUCCION

Como parte del esquema de mejoramiento genético del Proyecto Colaborativo de Sequía se llevó la presente investigación, con el propósito de encontrar alternativas tecnológicas para las zonas marginadas (escasa precipitación) en los países de Honduras, El Salvador y Guatemala, en donde se dispone una cantidad de 12,000 a 15,000 hectáreas y el agricultor de esas regiones está acostumbrado a tratar de producir maíz, a pesar del alto riesgo a que está sometido sobre todo cuando su cultivo está en el periodo de floración, afectado por la prolongada canícula (periodo seco), dañando los órganos reproductores y afectando la no sincronización de la flor masculina con la femenina. Consciente de este serio problema el Proyecto Colaborativo de Sequía está desarrollando una serie de actividades que están orientadas a seleccionar genotipos que respondan a la sequía.

## OBJETIVOS

Incrementar alelos favorables a la población Tuxpeño Selección Sequía y BS-19 y reducir la frecuencia de genes recesivos deleteros.

Seleccionar un 20% de las familias de medios hermanos y desarrollar las líneas S1 para complementar el segundo ciclo de selección.

Seleccionar el 4% de las familias superiores en base a los resultados de las tres localidades y poder formar una variedad experimental.

## REVISION DE LITERATURA

Pérez (1979) menciona que Sopher (1973), determinó que la sequía que ocurre en el periodo de floración del maíz es la más determinante para el rendimiento del grano.

Bolaños y Edmeades (1988), concluyeron que en maíz el parámetro más importante a seleccionar es el intervalo entre antesis y (extrusión) de estigmas. Sin embargo, mencionan que la sincronización de la floración masculina y femenina no es garantía para la producción bajo estrés y que es necesario un vivero de sequía para lograr la expresión de la variación genética en éstas condiciones.

Sullivan (1972), al establecer sus conceptos básicos, considera que para sus objetivos, resistencia a sequía es la capacidad de un sorgo para producir el mayor rendimiento en una localidad específica, con sequía. Boyer y Mcperson (1971), citan la sugerencia de Mederski y Jeffers, en el sentido de que en vez de seleccionar bajo sequía, se podría seleccionar bajo óptimas condiciones, dado que en soya observaron el mismo orden en la variación.

Arnon (1972) por su parte hace notar que a veces

los genotipos que reducen en menor grado su rendimiento al pasar de buena humedad a sequía, resultan de muy baja producción, por lo que dicha reducción no sería un buen índice de resistencia a sequía. En otros términos no hay criterio definido para evaluar la resistencia a sequía.

Mcperson y Boyer (1977), sometieron a condiciones de sequía plantas de maíz antes de la floración y durante el llenado de grano, o sea inmediatamente después de la polinización. La fotosíntesis llegó virtualmente a cero; sin embargo, el rendimiento estuvo entre 47% y 69% con respecto al testigo. El desarrollo del grano dependió en cierto modo, de los fotosíntatos acumulados antes de la disecación, ya que el desarrollo del grano de maíz depende por entero de la translocación; lo que indica que ésta continúa a pesar del cese de la fotosíntesis. Concluye que la translocación está menos inhibida que la fotosíntesis durante la sequía.

Muñoz (1975), culmina parte de estos trabajos al estudiar las relaciones agua-planta bajo sequía en términos de fotosíntesis, transpiración, resistencia a la difusión del vapor de agua y potencial hídrico de la hoja en varios sintéticos de maíz, con diferencia en resistencia a la sequía y heladas. De acuerdo a estos estudios se llegó a las siguientes conclusiones: los sintéticos seleccionados bajo sequía

estuvieron con mayor sensibilidad estomática lo que es permitió cerrar sus estomas a más altos potenciales hídricos, reduciendo la transpiración de manera más pronunciada, no así los sintéticos obtenidos bajo condiciones favorables de humedad. Es decir, los sintéticos de maíz seleccionados bajo sequía mostraron mayor eficiencia en el uso del agua.

Zea *et al.* (1989), concluyeron que en los trabajos sobre sequía la fracción seleccionada únicamente perdió en rendimiento el 36%. Sin embargo, la media de la población fue de 51% además determinaron que los factores que más incidieron en rendimiento fueron la prolificidad y el aspecto de sequía.

Brizuela *et al.* (1987), encontraron genotipos con alto potencial de rendimiento en la evaluación de familias de medios hermanos y que soportaron cierto nivel de sequía.

## **MATERIALES Y METODOS**

Durante 1990, el Proyecto Colaborativo de Sequía llevó a cabo una actividad más sobre el esquema de mejoramiento que se ha diseñado. Se evaluaron un total de 196 familias de la Población Tuxpeño Selección Sequía y BS-19.

### **Ubicación de la investigación**

Se establecieron los experimentos en El Salvador, Guatemala y Honduras.

## Diseño utilizado

Se utilizó un diseño de látice simple con dos repeticiones. En cada localidad se utilizó un sorteo diferente.

## Manejo y especificaciones

Los experimentos fueron sembrados en los meses de junio y julio y cosechados en octubre. En las tres localidades se utilizó una población de 53,000 plantas por hectárea. La distancia entre surco fue de 1.75 m y 0.25 m entre planta. En la localidad de Honduras el experimento fue conducido bajo el sistema de mínima labranza. La unidad experimental consistió de 4.125 m<sup>2</sup>.

## VARIABLES ESTUDIADAS

1. Días a flor femenina y masculina
2. Altura de planta y mazorca
3. Acame de raíz y tallo
4. Porcentaje de mazorca descubierta y podrida
5. Rendimiento en kg/ha.

## Análisis estadístico

Se hizo un análisis de varianza por localidad y un combinado de las variables en estudio, el modelo del diseño es el siguiente:

$$X_{ij} = U + T_i + R_j + E_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t: t=196$$

$$j = 1, 2, \dots, r: r=2$$

repeticiones

$X_{ij}$  = es el valor del caracter estudiado de la parcela en el  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición.

$U$  = Media general del carácter

$R_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima repetición

$E_{ij}$  = Efectos aleatorios asociados a la  $ij$ -ésima observación.

La prueba de F se realizó en las tres localidades independientemente y luego el combinado para seleccionar los genotipos más sobresalientes en rendimiento y características agronómicas.

## DISCUSION DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados en la localidad de El Salvador al realizar la prueba de F (Cuadro 1), unicamente se encontró diferencia estadística para las variables rendimiento, días a floración masculina y femenina y para porcentaje de mala cobertura. El coeficiente de variación fue de 16.30% y se obtuvo un MDS al 5% de 1.560 kg/ha.

En el Cuadro 2, se presentan los resultados estadísticos de la evaluación en la localidad de Guatemala; las variables que mostraron alta significancia fueron rendimiento, días a flor masculina y femenina, altura de planta y con significancia, porcentaje de mala cobertura. El coeficiente de variación para rendimiento fue de 12.97%. La media de días a flor para masculina y femenina fué de 60 días.

Los resultados estadísticos de la localidad de Honduras se describen en el

Cuadro 3, en donde unicamente se encontró alta diferencia significativa para las variables altura de planta y altura de mazorca. En esta localidad los rendimientos fueron bajos y fue debido al exceso de precipitación al inicio del cultivo, el rango del rendimiento fue de 4.093 kg/ha, como máximo y como mínimo 1.331 kg/ha.

En el Cuadro 4, se detallan las ganancias de diferencial de selección de la fracción de las 40 familias seleccionadas en comparación con la media de la población para la variable rendimiento. En la localidad de Honduras la ganancia fue mayor con un 24.36%. En el combinado el diferencial de selección fue de 12.64%; el máximo de rendimiento fue de 5.35 ton/ha. y el mínimo de 3.38 ton/ha. Las ganancias no fueron tan altas como se debe de esperar debido a las condiciones de estrés a que son sometidos los materiales y al mejoramiento que ha tenido la población.

En el Cuadro 5, se describe el análisis estadístico combinado de las tres localidades en donde se encontró alta diferencia significativa para las localidades y tratamientos independientemente y para la interacción localidad x tratamiento (genotipo x ambiente), lo que nos indica que el ambiente influyó a las respuestas de los materiales evaluados.

Con la media de las tres localidades se seleccionaron

las 8 mejores líneas (Cuadro 6), y se formó la variedad experimental de acuerdo a las características de días de flor, altura de mazorca, porcentaje de mazorcas podridas y rendimiento. El diferencial de selección para la variedad experimental, para la variable rendimiento de 16.01 por ciento.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los análisis estadísticos unicamente en las localidades de Guatemala y El Salvador se encontró alta diferencia significativa para la variable rendimiento en grano.

En las tres localidades se detectaron materiales sobresalientes con respecto a la selección de sequía y con alto potencial de rendimiento.

El análisis combinado de las tres localidades se encontró diferencia significativa para los tres factores, ambiente genotipo y la interacción ambiente x genotipo.

En base al promedio de las tres localidades se seleccionaron 8 familias, lo que da origen a una nueva variedad experimental tolerante a sequía.

Se encontró alta significancia en las correlaciones simples entre rendimiento versus % de mala cobertura (-0.17 \*\*) y porcentaje de mazorcas podridas (0.409\*\*).

En base a los resultados de la evaluación de medios hermanos se seleccionó el 20% de líneas S1 para evaluarlas y así completar el segundo ciclo de selección del Proyecto de Sequía.

#### BIBLIOGRAFIA

ARNON, I. 1972. Crop production in dry regions. Leonard Hill, London Vol. I. pp. 279-280.

BOYERR, J. S. y H. G. MCPHERSON. 1975. Physiology of water deficits in cereal crop. Adv. in agronomy. 27-1-23.

BOLAÑOS, F. y G. O. EDMEADES. 1988. Estrategia del CIMMYT en mejoramiento para tolerancia a sequía en maíz tropical. Trabajo presentado en el "Internacional Conference on Inland - Farming", Amarillo/Bushand Texas. Agosto 15-19. ap.

BRIZUELA, L. 1990. Evaluación de familias de medios hermanos de la población tolerante a sequía en la Estación Experimental La Lujosa, Choluteca. Seminario de Sequía. 1987. 15-18 de febrero. Choluteca, Honduras.

MCPHERSON, G. H. and S.J. BOYER. 1977. Regulation of grain yield by photosynthesis in maize subyested to a water deficiency. Agrom. I. 69. 714-718.

MUÑOZ. O. A. 1975. Relaciones agua-planta bajo sequía, en varios sintéticos de maíz resistentes a sequía y heladas. Tesis Doctoral E.N.A. Chapingo, México.

PEREZ, J. G. 1979. Comportamiento de los maíces de cajete bajo diversos niveles de humedad, Tesis de MC. Centro de Genética, Colegio de Post Graduados, Chapingo, México.

SULLLIVAN, C. Y. 1972. Mecanismo of heat droyght resistance in grain sorghum and metodos of measurement. In. Sorghum in seventies (Editors: N.G.P. Rao 8 L.R. House) Osford IBM CV. New Delhi.

ZEA, J. L. et al. 1989. Efecto de la selección recurrente por sequía sobre el rendimiento y características agronómicas de líneas S1 (Zea mays L.), evaluadas en tres localidades de C.A. Seminario de sequía 15-18 febrero 1990-Choluteca, Honduras.

CUADRO 1. ESTADISTICOS DEL ENSAYO DE EVALUACION DE MEDIOS HERMANOS DEL SUBPROYECTO DE SEQUIA EN LAS LOCALIDADES DE EL SALVADOR. 1990-A.

Variable	Prueba de F	$\bar{x}$	CV(%)	LSD.05	ER(%)
Rend. TM/ha.	*	4.848	16.30	1.560	116
Días a flor masculino	**	55.397	1.70	1.863	105
Días a flor femenino	**	56.216	1.43	1.583	108
Altura de Pta. (cm)	NS	183.533	6.95	21.16	106
Altura de Mz. (cm)	NS	95.076	11.45	21.48	105
% Acame de Raíz	NS	.791	307.06	4.80	102
% Acame de Tallo	NS	4.969	120.28	11.79	101
% Mazorcas Podridas	NS	9.716	65.59	12.58	114
% Mala cobertura	**	8.277	81.59	13.33	103

CUADRO 2. ESTADISTICOS DE LA EVALUACION DE MEDIOS HERMANOS DEL PROYECTO DE SEQUIA EN LA LOCALIDAD DE GUATEMALA. 1990-A.

Variable	Prueba de F	$\bar{x}$	CV(%)	LSD.05	ER(%)
Rend. TM/ha.	**	5.229	12.97	1.338	113
Días a flor masculino	**	60.130	1.89	1.790	108
Días a flor femenino	**	60.130	1.89	2.240	108
Altura de Pta. (cm)	**	158.180	4.98	15.540	125
Altura de Mz. (cm)	NS	96.960	8.50	16.260	116
% Acame de Raíz	NS	.616	363.76	4.380	102
% Acame de Tallo	NS	.390	353.37	2.720	101
% Mazorcas Podridas	NS	16.820	46.54	15.450	102
% Mala cobertura	*	12.310	60.20	14.630	104

CUADRO 3. ESTADISTICOS DEL ENSAYO DE EVALUACION DE MEDIOS HERMANOS DEL PROYECTO DE SEQUIA EN LA LOCALIDAD DE HONDURAS, 1990-A.

Variable	Prueba de F	$\bar{X}$	CV(%)	LSD.05	ER(%)
Rend. TM/ha.	NS	2.755	25.96	1.411	155
Días a flor masculino	NS	42.959	3.42	3.173	102
Días a flor femenino	NS	47.900	3.56	3.364	104
Altura de Pta. (cm)	**	148.818	8.52	25.037	161
Altura de Mz. (cm)	**	78.732	12.74	19.798	109
% Acame de Raíz	-	1.103	318.56	6.937	102
% Mazorcas Podridas	-	2.857	160.81	9.070	102
% Mala cobertura	-	14.697	60.85	17.654	101

CUADRO 4. GANANCIAS POR LOCALIDAD Y COMBINADO DE LA EVALUACION DE MEDIOS HERMANOS EN TRES LOCALIDADES DE CENTROAMERICA, 1990.

Descripción	LOCALIDADES			
	Salvador	Guatemala	Honduras	Combinado
$\bar{X}$ Variedad Exper.	6.17	6.61	3.87	4.970
$\bar{X}$ Fracción 40 Fam.	5.69	6.05	3.42	4.810
$\bar{X}$ de la Población	4.84	5.29	2.75	4.270
M D S	1.560	1.33	1.33	1.450
Diferent. de Sel. (%)	17.56	14.36	24.36	12.64
Valor Máximo	6.57	7.01	4.09	5.37
Valor Mínimo	3.13	3.57	1.33	3.38

CUADRO 5. ESTADISTICOS DEL ANALISIS COMBINADO DE CIERTAS VARIABLES DEL ENSAYO DE MEDIOS HERMANOS DEL PROYECTO DE SEQUIA, CICLO 1990-A.

Fuentes	Rend.	VARIABLES		
		Días a Flor	% Mazorcas Podridas	% Mala Cobertura
Localidad	**	**	**	**
Tratamiento	**	**	NS	**
Loc. X Trat.	**	NS	NS	0
C.V. (%)	19.26	2.28	0.715	65.55
$\bar{x}$		54.0	9.79	11.76

CUADRO 6. CARACTERISTICAS DE LAS FAMILIAS QUE FORMAN LA VARIEDAD EXPERIMENTAL EN BASE A LAS TRES LOCALIDADES, 1990-A.

Entrada	Días a Flor	Altura Mz.	Mazorca Pod.	Mazorca Desc (%)	TM/ha
35	53	86	5.37	9.80	5.23
120	54	87	6.39	6.68	5.03
48	53	92	11.50	9.68	4.98
142	52	85	9.03	12.08	4.96
126	53	90	12.09	10.91	4.92
17	54	85	8.82	6.87	4.90
189	53	86	11.67	6.44	4.87
171	52	90	12.34	10.35	4.86
Media Frac. (V.E)	53	87.6	9.65	9.10	4.97
Media Frac. (40F)	52.7	89.6	9.71	10.50	4.81
Media General	54.0	90.0	9.798	11.70	4.27
Dif. de Sel.	1.85	2.66	1.51	22.2	16.01

CUADRO 7. COEFICIENTE DE CORRELACION SIMPLE ENTRE RENDIMIENTO Y LAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS % DE MALA COBERTURA Y % DE PUDRICION DE MAZORCA EN LA EVALUACION DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS, 1990.

	% Mala Cobertura	% Mazorca Podrida
Rendimiento	- 0.178 **	0.409 **



**RESPUESTAS CORRELACIONADAS PARA RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE HIBRIDOS TRILINEALES DE MAIZ (*Zea mays* L.) EVALUADOS EN TRECE AMBIENTES DE CENTROAMERICA Y EL CARIBE**

**N. Soto <sup>1</sup>; J. L. Queme <sup>2</sup>; A. Alvarado <sup>3</sup>;  
H. Cordova <sup>4</sup>.**

**RESUMEN**

La magnitud de la respuesta diferencial para rendimiento de genotipos evaluados en ambientes contrastantes puede ser fácilmente cambiada por efecto de la interacción genotipo-ambiente, principalmente cuando esta interacción está influenciada por factores adversos bióticos y abióticos. Para reducir ese efecto se pueden tomar dos enfoques: mejorar para adaptación a ambientes desfavorables y la utilización de modelos que identifiquen los genotipos que menos interaccionen. Estos enfoques son aditivos. El Proyecto Regional de Formación de Híbridos ha capitalizado ambos aspectos logrando notable progreso.

En 1990, se evaluaron (bajo diseños de bloques al azar) ocho híbridos trilineales en trece ambientes diversos de Centro América y el Caribe, realizando estimaciones de estabilidad bajo el modelo Finlay y Wilkinson, análisis de contrastes ortogonales e índice de respuesta a factores adversos. El

híbrido Exp. blanco 901 presentó el mejor índice de resistencia a pudrición de mazorca (IRPM = 0.700) bajo presión de este estrés biótico con rendimiento de 6000 kg/ha y superando al testigo H-5 (IRPM = 0.300) con 25% de rendimiento y con superiores características agronómicas. Este híbrido mantuvo la magnitud de la respuesta en forma consistente en la mayoría de los ambientes (1er. a 3er. lugar).

El híbrido experimental amarillo 905 presentó el promedio más alto de rendimiento (5.9 ton/ha) a través de todos los ambientes y una consistencia superior (1er. y 2do. lugar); sin embargo; obtuvo un índice más bajo de resistencia a pudrición de mazorca (IRPM = 0.399), lo cual indica la susceptibilidad a este híbrido en presencia de este factor adverso biótico, su rendimiento en esta localidad fue de 2595 kg/ha. El presente análisis es un enfoque eficiente en la elección de genotipos y ha permitido un progreso

- 
- 1** Coordinador. Programa de Maíz, ICTA.
  - 2** Investigador. Programa de Maíz, ICTA.
  - 3** Coordinador. Programa de Maíz, IDIAP.
  - 4** Representante Regional de Maíz del CIMMYT.

evidente en el mejoramiento de maíz en Centro América.

### INTRODUCCION

En la región de Centro América y el Caribe, el maíz constituye uno de los cereales de mayor importancia, por su utilización en la alimentación humana y animal, y en algunos casos para la industria.

La generación y utilización de híbridos de maíz en la región, ha tenido impacto en los últimos doce años, siendo Guatemala y El Salvador los países con mayor avance, tanto en la generación de materiales mejorados como en la investigación y producción de semilla.

En 1986, se estableció el Proyecto de Híbridos de Centro América y el Caribe, integrado por los Programas Nacionales e Maíz, con el propósito de trabajar en forma conjunta para solucionar la problemática de producción y productividad del cultivo; integrando de esta manera las experiencias en germoplasma de los Programas Nacionales y del CIMMYT. En el desarrollo del proyecto se identifican tres etapas importantes:

1. Formación y evaluación de dialélicos e híbridos dobles y trilineales, en base a progenitores con endogamia parcial, provenientes del CIMMYT.

2. Avance generacional, selección de progenitores endogámicos élite, formación y evaluación de híbridos trilineales en la región.

3. Producción de semilla genética de las líneas endogámicas élite.

De acuerdo al desarrollo de las etapas anteriores, después de cuatro años de investigación en el mejoramiento de híbridos, el proyecto ha tenido logros significativos, llegándose a liberar en Panamá los primeros híbridos amarillos P-8812, P-8814 y P-8816, IDIAP (1990).

En 1991, también se liberarán híbridos blancos y amarillos en El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica; estos logros alcanzados, son un indicativo de las ventajas de la colaboración horizontal.

El Proyecto de Híbridos genera constantemente materiales mejorados, los cuales se evalúan en diferentes ambientes de producción, tomando en consideración factores bióticos y abióticos adversos, limitantes de la producción y de esta forma poner a disposición de los agricultores de los países participantes nuevo germoplasma con mejores características que los materiales actualmente en el mercado.

## OBJETIVOS

Determinar la respuesta a ambientes contrastantes, factores bióticos y abióticos adversos de los nuevos híbridos experimentales generados por el Proyecto de Híbridos para Centro América y el Caribe.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización

Para este estudio se establecieron ensayos uniformes en 12 localidades de Centroamérica y el Caribe (Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y República Dominicana).

### Material genético

Híbridos Blancos	Híbridos Amarillos
------------------	--------------------

HE 901	HE 904
HE 902	HE 905
HE 903	HE 906
	HE 907
	HE 908

Testigos	Testigos
----------	----------

HB-83M	HA-46
H-27	
H-5	

### Progenitores

Las líneas progenitoras de los híbridos blancos se derivaron de la población 32.

Las líneas progenitoras de los híbridos amarillos se provienen de las poblaciones 24 y 27.

## Manejo del experimento

El diseño utilizado fue bloques al azar, 4 repeticiones, 12 tratamientos, 12 localidades.

### Siembra

La distancia entre surcos fue de 0.75 m y entre plantas 0.5 m; se depositaron 3 granos por postura para ralea a 2 plantas y obtener una población de 53,000 plantas/ha.

### Tamaño de parcela

Cada unidad experimental fue de 4 surcos de 5.5 m de largo para un área total de 16.5 m<sup>2</sup> y un área útil de 8.25 m<sup>2</sup>.

### VARIABLES ESTUDIADAS

1. Rendimiento
2. Días a flor femenina
3. Altura de planta
4. Altura de mazorca
5. Acame de raíz y tallo
6. Porcentaje de mazorcas descubiertas y podridas
7. Profilicidad de mazorca

### Análisis estadísticos

Se realizó análisis de varianza por localidad y combinado para diferentes variables en estudio, el modelo del diseño es el siguiente:

$$X_{ij} = u + t_i + R_j + e_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, t: t=12$   
tratamientos

$j = 1, 2, \dots, r: r=4$   
repeticiones

$X_{ij}$  = Es el valor del

- carácter estudiado de la parcela con el i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición
- M = Media general del carácter
- Ti = Efecto de i-ésimo tratamiento
- Rj = Efecto de la j-ésima repetición
- Eij = Efectos aleatorios asociados a la ij-ésima observación

#### Estimación de resistencia a pudrición de mazorca

Se estudiaron índices de resistencia a pudrición de mazorca (IRPM) de la siguiente forma:

$$IRPM = \frac{Y1 - Y2}{Y2}$$

IRPM= Índice de resitencia a pudrición de mazorca

Y1 = Rendimiento del ambiente favorable

Y2 = Rendimiento del ambiente desfavorable

Calificación PM (1-5) donde:

1 = Resistente

5 = susceptible

#### REVISION DE LITERATURA

La generación de híbridos de maíz en el área Centroamericana ha tenido impacto favorable en los últimos 12 años. En Guatemala, entre 1977 y 1978, se realizaron por parte del Programa de Maíz del ICTA, trabajos de hibridación, orientados a obtener híbridos con metodología fácil, económica y a corto plazo. Los primeros resultados se obtuvieron de inmediato, dado que en 1979

ya se tenían los primeros Híbridos Blancos (HB-11, T-101, HB-19 y HB-83) y los Híbridos Amarillos (HA-44 y HA-28), formados con familia de hermanos completos (HC) provenientes de germoplasma del CIMMYT. En 1983, se liberó el híbrido doble HB-83, cuya crusa simple (CS) hembra estaba constituida por familias de H.C. x la C.S. macho, por líneas; con esta investigación se logró establecer una estrategia de producción de semillas disminuyendo la importación de estas hasta en un 90%, Córdova (1984) y CIMMYT (1988). Además, se aprovechó el patrón heterótico identificado en las cruas simples para formar nuevos híbridos blancos (HB-83M, HB-85, HB-87) y el híbrido amarillo HA-46) y algunos experimentales a partir de líneas endogámicas Quemé (1989), Informe del Programa de Maíz del ICTA).

En El Salvador también la investigación de híbridos realizada por el CENTA ha sido exitosa ya que ha generado varios híbridos que han contribuido al incremento de la producción de maíz en dicho país y en otros de la región. Entre los híbridos generados y liberados se pueden mencionar: H-3, H-5 y recientemente se ha generado los híbridos HE-53, H-9, HE-19B y HE-20. De igual manera, el Programa de Maíz de Honduras ha generado el híbrido H-27, el cual ocupó el cuarto lugar en rendimiento a través de 12 localidades del PCCMCA en 1985, CIMMYT (1988).

Dado el interés que los productores de maíz han manifestado en los diferentes países del área, en 1987 se puso en práctica el Proyecto Regional de Híbridos, iniciándose con el mestizaje de 46 líneas blancas con endogamia parcial, utilizando como probadores las cruzas simples (o+ hembras) de los programas nacionales de Guatemala, El Salvador y Honduras (o+ de HB-83M, H-5 y H-27). Este estudio permitió seleccionar 9 líneas con aptitud combinatoria general (ACG) positiva entre 0.1 a 0.9 tm/ha; también se identificaron los mejores híbridos trilineales para El Salvador y Honduras.

El híbrido superior identificado para El Salvador, rindió 8 tm/ha, superando al H-5 con 2.8 tm/ha. Para Honduras, el híbrido superior rindió 9.2 tm/ha superando al H-27 con 1 tm/ha y características agronómicas aceptables, Soto N et al. (1988).

Pérez et al. (1988), señala que en 1987 mestizaron 40 líneas amarillas con endogamia parcial; utilizaron como probadores, dos cruzas simples (hembras) del programa nacional de Guatemala; la evaluación se llevó a cabo a través de 7 localidades de Centroamérica. Con los resultados obtenidos seleccionaron 10 líneas con ACG positiva entre 0.1 y 0.8 ton/ha; a su vez, identificaron híbridos trilineales superiores a los testigos para cada país de la región, logrando rendimientos hasta

de 8.4 ton/ha.

Pérez et al. (1988), evaluaron híbridos de grano amarillo en 9 localidades de Panamá y de acuerdo a los resultados obtenidos concluyeron que los híbridos triples el programa nacional de Panamá: P-8812, P-8815, 477 x 375 y 477 x 372 superaron en rendimientos hasta con 1.1 tm/ha a los híbridos comerciales de mayor demanda en el país, mostrando además características agronómicas superiores.

Los híbridos P-8802 y 477 x 304 fueron más estables a través de los 9 ambientes ( $B=1$ ;  $Sd1^2=0$ ).

En Costa Rica, González y Jiménez (1987), evaluaron 40 híbridos dobles y 39 híbridos trilineales predichos de grano blanco y de acuerdo a los resultados, identificaron 4 cruzas dobles y 2 trilineales, los que evaluaron en 1988 a través de 8 localidades y concluyeron que los híbridos dobles predichos DC-50 y DC-78 rindieron 6 tm/ha y 6.1 tm/ha con 22 y 15% de pudrición de mazorca, respectivamente.

En 1989, se evaluaron 36 genotipos comerciales y experimentales generados por programas nacionales y empresas privadas (Córdova, 1990); para determinar la respuesta de híbridos de maíz se estimaron parámetros de estabilidad, para lo cual se utilizaron 2 modelos Eberhart y

Russell (1966) y el modelo AMMI, los rendimientos obtenidos a través de 34 ambientes y en 2 años muestran que el híbrido HB-85 de Guatemala rindió 6.08 tm/ha, superando al testigo H-5 con un 28%. El análisis combinado de estabilidad de 34 localidades en 2 años, identificó a los híbridos HB-85, HB-87, HB-83M y XC-H-53 como híbridos más estables ( $B_e=1$ ;  $SD_1^2=0$ ). El modelo Eberhart y Russell y AMMI coincidieron sólo en un 40% en la identificación de genotipos estables y con media de rendimiento alta a través de los diferentes ambientes.

Arnold y Jenkins (1932), informaron sobre la variabilidad relativa de los híbridos y de las variedades de polinización libre. Encontraron que las variedades de polinización libre fueron más variables que los híbridos, las cruza simples fueron más uniformes y las cruza dobles y mestizos fueron intermedios en variabilidad.

Las pruebas de comportamiento de variedades cuando se realizan convencionalmente ofrecen información sobre la interacción genotipo ambiente, que no es un indicativo de la estabilidad de las variedades evaluadas (Córdova, 1978) de allí que el análisis de estabilidad es un instrumento en la identificación de germoplasma de gran potencial para los programas de mejoramiento. En base a la interpretación de los parámetros de estabilidad,

Carballo y Márquez clasifican a una variedad "estable cuando  $B_i = 1$  y  $S^2_{di} = 0$ ".

Meizan *et al.* (1977), mencionan una expansión de la fórmula del coeficiente de regresión sugerida por Finlay y Wilkinson como parámetro de estabilidad, demostró que el parámetro puede ser significativamente alterado por genotipos extremos, ejemplo: aquellos con una varianza pequeña o muy grande. Al parecer, no todos los genotipos deberán involucrarse en la estimación de índices ambientales.

Dávila y Córdova (1978), estimaron los parámetros de estabilidad utilizando el modelo de Eberhart y Russell (1966), para identificar germoplasma criollo utilizable en el programa de mejoramiento del altiplano, alto y medio. Los autores encontraron que altos rendimientos están positivamente correlacionados a coeficientes de regresión y desviaciones de regresión ( $r = 0.99$  y  $0.66$ , respectivamente).

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis combinado de los 12 ambientes para diferentes variables de respuesta se presentan en el Cuadro 1. Según el ANDEVA, se encontró diferencia significativa ( $\alpha = 0.01$ ) entre genotipos para rendimiento, altura de planta y mazorca, cobertura y pudrición de mazorca; también la interacción genotipo ambiente fue altamente significativa. La prueba de

Tukey determinó que los híbridos experimentales blancos 902 y 901, fueron significativamente superiores en rendimiento al H-5, mientras que en los híbridos experimentales amarillos 906 y 907 también se hizo la comparación de ortogonales, lo cual corroboró la discriminación de los testigos en forma significativa hecha por Turkey. El coeficiente de variación de 11.96% determina el manejo eficiente de los experimentos.

En el Cuadro 2, se observan las medias de rendimiento y características agronómicas de los híbridos blancos y amarillos superiores a través de las doce localidades; los híbridos blancos EXP-901, EXP-902, EXP-906 y EXP-907 superaron en rendimiento a los testigos hasta en un 22% sobre el H-5; además, estos híbridos mostraron mayor resistencia a pudrición de mazorca.

#### **Resistencia a pudrición de mazorca**

Los índices de resistencia a pudrición de mazorca (IRPM) y los rendimientos con y sin efecto de pudrición de mazorca, se presentan en el Cuadro 3; el resultado de este análisis estimó el híbrido EXP-901 como resistente, dado el alto IRPM y baja calificación de mazorca (Figura 4); los Híbridos experimentales 906, 907, y 902, se consideran como tolerantes, ya que presentaron los valores más altos de IRMP; por lo tanto, se

ubicaron en los primeros lugares en cuanto al rendimiento, eliminando el efecto de pudrición; expresándose este comportamiento, ya que un genotipo susceptible a pudrición, tiende a disminuir el rendimiento por el efecto negativo que tiene la pudrición, esto se visualiza de una mejor forma en las Figuras 2 y 3, en donde se observa que el H-5 presenta valores altos de pudrición y bajos rendimientos, por lo que se puede catalogar como baja resistencia a pudrición de mazorca (IRPM = .331).

El híbrido EXP-901 a través de las 12 localidades de C.A. rindió una media de 5,73 ton/ha, superando al H-5 con 19% en la localidad de Cuyuta, donde existió la presencia más alta del estrés biótico de pudrición de mazorca; este híbrido rindió 4 tm/ha con solo 9% de mazorcas podridas y un rendimiento de grano limpio de 3.64 ton/ha. El testigo H-5 rindió 2.31 ton/ha con 26% de pudrición de mazorca, lo cual corresponde a rendimiento de grano limpio de 1.31 ton/ha. Esta es evidencia clara del progreso de mejoramiento para resistencia a estrés bióticos.

#### **Estabilidad**

Para estimar la estabilidad de los mejores híbridos en rendimiento se utilizó el método de Finlay y Wilkinson, cuyos parámetros se observan en el Cuadro 4. Los coeficientes de correlación simple estimados en el

análisis combinado indican la magnitud de asociación existente entre el rendimiento versus el ambiente  $r=0.98$ ,  $r=0.94$ ,  $r=0.93$ ,  $r=0.96$ ,  $r=0.98$ ,  $r=0.97$ . La respuesta relativa de los genotipos a ambientes diferentes puede modificarse si la interacción G x A es muy fuerte, si no se usan modelos que identifiquen adecuadamente el comportamiento de esos genotipos (Zobel, 1989; Córdova, 1990; Blum, 1990). Los resultados obtenidos en el presente trabajo, según la orientación presentada por los autores anteriores, y los coeficientes de correlación, obtenidos por las líneas de estabilidad que son altamente significativas, demuestran el ajuste de regresión.

El coeficiente  $b=1$  muestra el grado de estabilidad, tanto de los híbridos experimentales como de los testigos a través de los diferentes ambientes.

En las Figuras 1 y 2 se observa el grado de dispersión del rendimiento con respecto a la recta de la regresión, lo cual indica que los híbridos con los puntos menos dispersos son los más estables ( $b=1$ ).

### CONCLUSIONES

A nivel de las 12 localidades, los híbridos superiores expresaron valores de pudrición de mazorca menores al 6% y de acuerdo al análisis de resistencia a pudrición de mazorca, los híbridos EXP-901 y EXP-907 se

consideran como resistentes, al EXP-906 y EXP-902 como tolerantes.

De acuerdo a la evaluación de los híbridos experimentales, los híbridos de grano amarillo HE-906 y HE-907 expresaron rendimientos que superan al testigo HA-46 hasta con .95 t/ha (13%) y los híbridos de grano blanco EXP-901 y EXP-902, superaron al H-5 en 1.03 ton/ha.

Los híbridos blancos EXP-901 y EXP-902 identificados como los mejores en rendimiento, fueron también superiores en características agronómicas presentaron mayor IRPM y mejor estabilidad ( $b=1$ ) a través de los diferentes ambientes.

- Los híbridos amarillos EXP-906 y 907 expresaron mayor porcentaje de punta descubierta, pero con un alto IRPM y mejor estabilidad ( $b=1$ ) a través de los diferentes ambientes.

### BIBLIOGRAFIA

CORDOVA O., H. S., 1984. Formación de híbridos de maíz 0 (*Zea mays* L. en base a familias de hermanos completos y sus implicaciones en la producción de semilla comercial. XV Congreso Nacional de Milho e Sorgo Maceio A-4, Brasil. Mimeografiado.

CENTRO INTERNACIONAL DE MAIZ y TRIGO, CIMMYT, 1988. Memoria, Reunión Anual de los Coordinadores de



Programas de Maíz de Centroamérica, Panamá y el Caribe, Programa Regional de Maíz del CIMMYT para Centro América, Panamá y el Caribe. Guatemala.

**SOTO, N et al., 1988.**  
Determinación de la aptitud combinatoria general de líneas endogámicas y su efecto en la formación de nuevos híbridos trilineales de maíz (*Zea mays* L.). Centro América 1988 XXXV Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras, abril, 1989.

**PEREZ, C. et al., 1988.**  
Efectos de aptitud combinatoria general e identificación de híbridos trilineales de maíz de grano amarillo. Centroamérica, Panamá y el Caribe. XXXV Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras, abril, 1989.

**PEREZ, D. et al. 1989.**  
Evaluación de cultivares de maíz de grano amarillo en 9 zonas productoras de Panamá. Proyectos colaborativos en Agronomía, Desarrollo y Mejoramiento de Germoplasma en Maíz (*Zea mays* L.). Programa Regional de Maíz CIMMYT para Centro América, Panamá y el Caribe. 1989.

**GONZALEZ, J., Jiménez, K., 1988.** Evaluación de híbridos dobles y triples de maíz en ocho localidades de Costa Rica. Proyectos Colaborativos en Agronomía, Desarrollo y Mejoramiento de Germoplasma en Maíz (*Zea mays*

L.). Programa Regional de Maíz del CIMMYT para Centro América, Panamá y el Caribe.

**CORDOVA, H. S. 1990.**  
Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrarrestantes de Centro América, Panamá y México. XXXVI Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, El Salvador. 26-30 de marzo.

**CARBALLO, C.A. y MÁRQUEZ, S. P., 1970.**  
Comparación de variedades de maíz de el Bajillo y la meceta central por su rendimiento y estabilidad. Agro-Ciencias (1) pág. 129-146

**DAVILA, F. A., CORDOVA, H. S. y POEY, F. R., 1978.**  
Uso de parámetros de estabilidad en la evaluación de variedades comerciales y experimentales de maíz (*Zea mays* L.) (1) Zona media. XXIV Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador.

**MEIZAN K., WALTER, T. L., MILIKEN, G. A. y LIAN, G. A., 1977.** Problems in using regression coefficients as stability parameters in breeding program. Agron. Abst. 64 pag. Am. Soc. Agron.

CUADRO 1. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DE 12 LOCALIDADES DE HIBRIDOS  
BLANCOS Y AMARILLOS DEL PROYECTO REGIONAL DE CENTROAMERICA  
Y EL CARIBE, 1990.

ESTADISTICOS	REND	OF	%COB	%PUD	%PROL
F	**	**	**	**	**
% C.V.	11.95	2.46	5.2	7.3	9.5
LOC	**	**	**	**	**
Genotipo x LOC	**	**	**	**	**
Mínimo	2.314	49	0	0	66
Máximo	9.096	75	47	26	146
Media	5.440	58	8	6	103
MDS	293.000	5	2	2	9

\*\* = Significancia al 0.01

CUADRO 2. RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS MEJORES HIBRIDOS  
EVALUADOS A TRAVES DE 12 LOCALIDADES DE CENTRO AMERICA. 1990.

ENTRAOA	RENO. (Tm/ha)	%TESTIGO TESTIGO	ALTURA		% PUD MAIZ	% MAZ DESC
			PLT	MAZCA		
BLANCOS						
EXP 902	5.81	122	224	120	5.0	9
EXP 901	5.73	119	228	125	5.0	5
H-5	4.78	100	244	138	8.0	4
HB-83	5.47	114	227	119	6.0	5
H-27	5.06	106	236	129	8.0	7
AMARILLOS						
EXP 906	5.73	113	235	128	5.0	12
EXP 907	5.49	108	224	120	5.0	13
HA-46	5.06	100	220	114	6.0	5

CUADRO 3. MEDIAS DE RENDIMIENTO Y RESPUESTA A PUDRICION DE MAZORCA DE DOCE HIBRIDOS EVALUADOS A TRAVES DE 12 AMBIENTES EN CENTROA AMERICA, 1990.

HIBRIDOS	IRPM	MP 1-5	KG/HA 1	KG/HA 2
EXP 901	0.692	1.5	3621	5.71
EXP 906	0.630	2.5	3443	5.73
EXP 907	0.629	2.5	3592	5.49
EXP 902	0.584	3.0	3578	5.81
HB-83M	0.521	3.0	3092	5.47
EXP 904	0.486	2.0	2887	5.46
HA-46	0.478	3.5	2710	4.96
EXP 908	0.471	3.5	2757	5.60
EXP 903	0.446	4.5	3060	5.51
H-27	0.429	3.5	2721	5.05
EXP 905	0.394	5.0	2562	5.90
H-5	0.331	5.0	1720	4.78

1. Rendimiento eliminando el efecto de pudrición de grano en el ambiente con alta pudrición de mazorca.

2. Rendimiento de grano a través de 12 localidades.

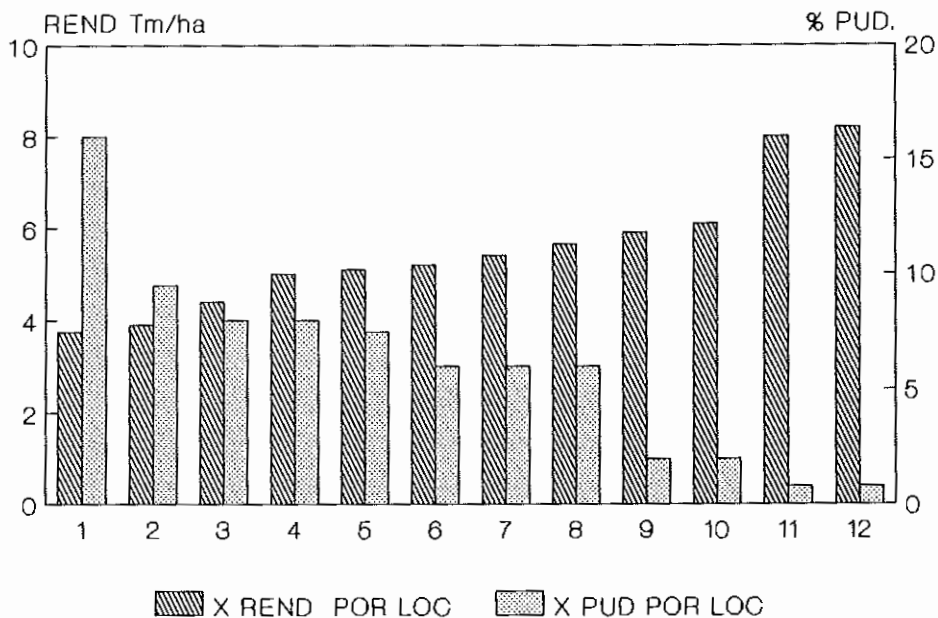
IRPM = Indice de potencial de rendimiento bajo ambiente adverso de pudrición de mazorca.

MP = Calificación de mazorcas podridas (1-5).

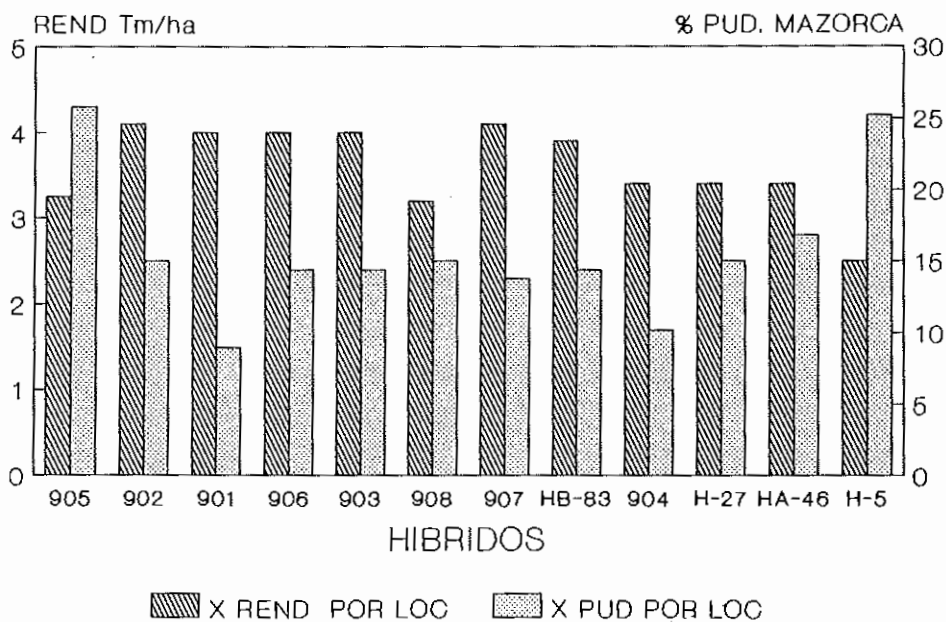
CUADRO 4. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE HIBRIDOS SUPERIORES BLANCOS Y AMARILLOS EVALUADOS EN 12 LOCALIDADES DE CENTROAMERICA Y EL CARIBE, 1990.

TRATAMIENTO	ECUACION	R	r
<b>BLANCOS</b>			
HE-901	$Y = 0.2695 + 1.025 X$	0.97	0.98
HE-902	$Y = 0.517 + 0.9527 X$	0.88	0.94
H-5	$Y = 0.6289 + 0.7500 X$	0.66	0.93
<b>AMARILLOS</b>			
HE-906	$Y = 0.4843 + 1.1403 X$	0.93	0.96
HE-907	$Y = 0.4585 + 0.908 X$	0.97	0.98
HA-46	$Y = 0.4707 + 1.0114 X$	0.94	0.97

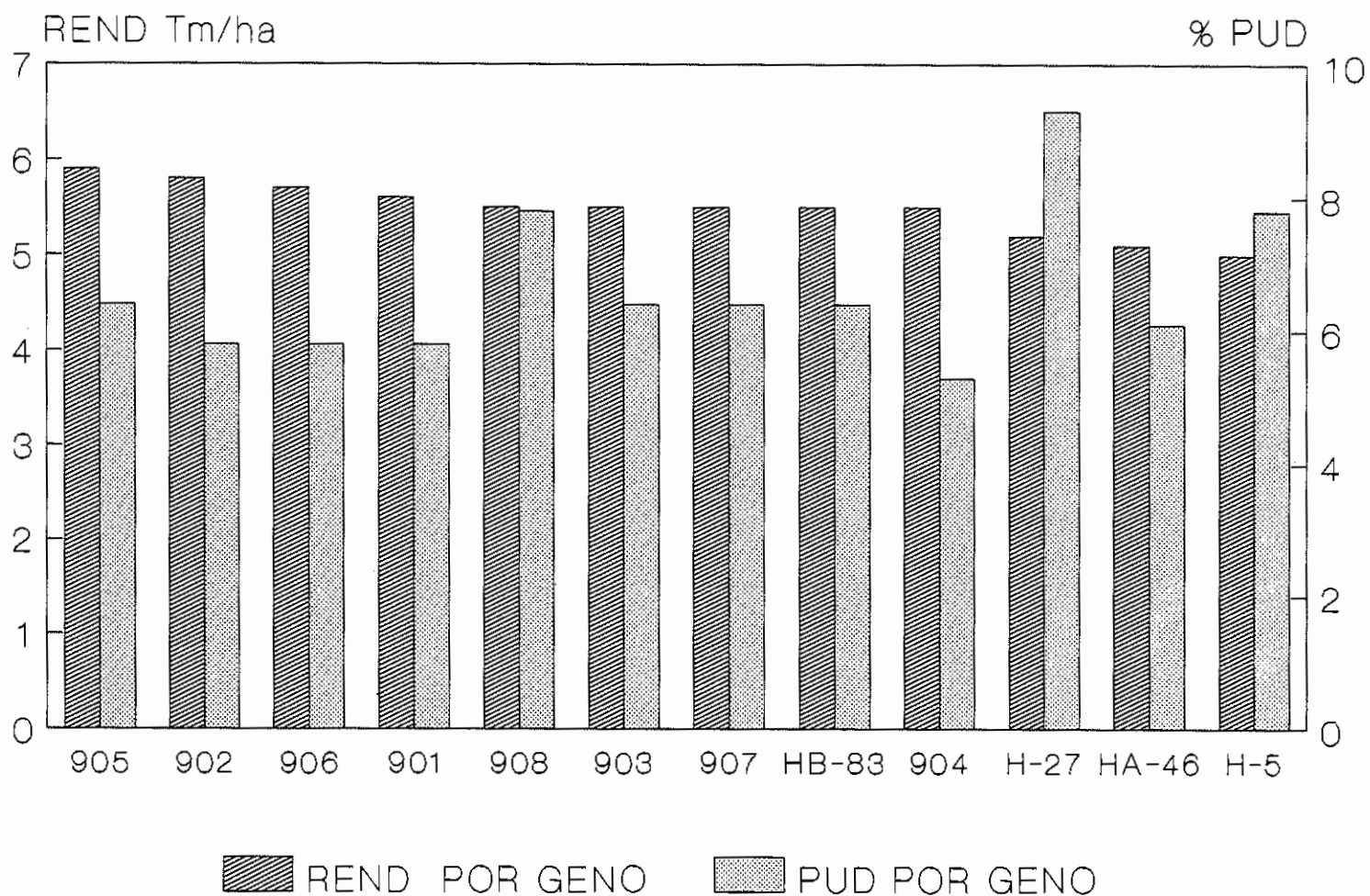
**FIGURA 1. MEDIA DE RENDIMIENTO (T/ha) Y PUDRICION DE MAZORCA POR LOCALIDAD DEL ENSAYO DE HIBRIDOS DE CENTROAMERICA Y EL CARIBE. 1990.**



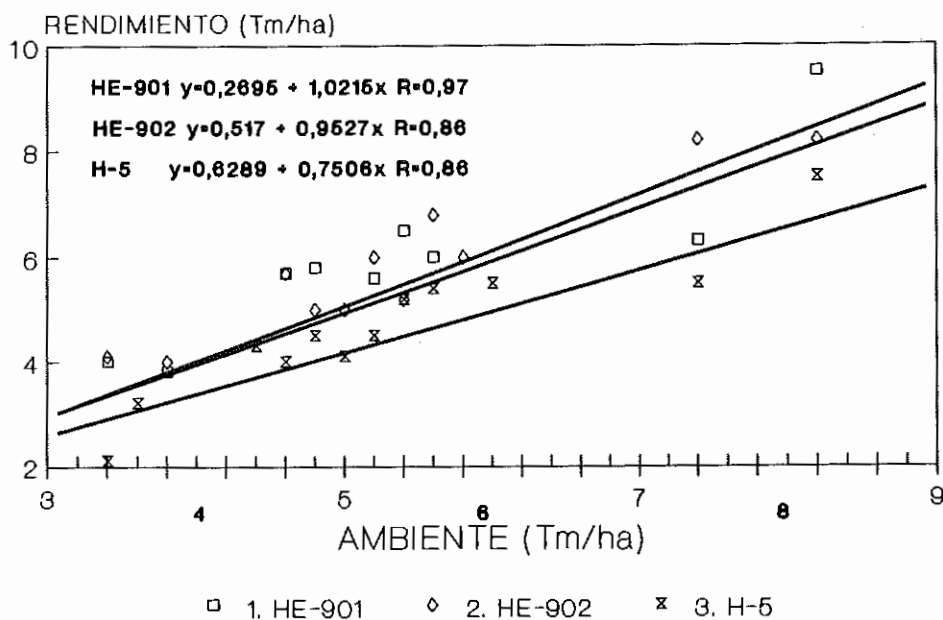
**FIGURA 2. RENDIMIENTO Y PUDRICION DE MAZORCA-HIBRIDOS DE C.A. 1990. MEDIAS DE LA LOCALIDAD DE CUYUTA, GUATEMALA 1990.**



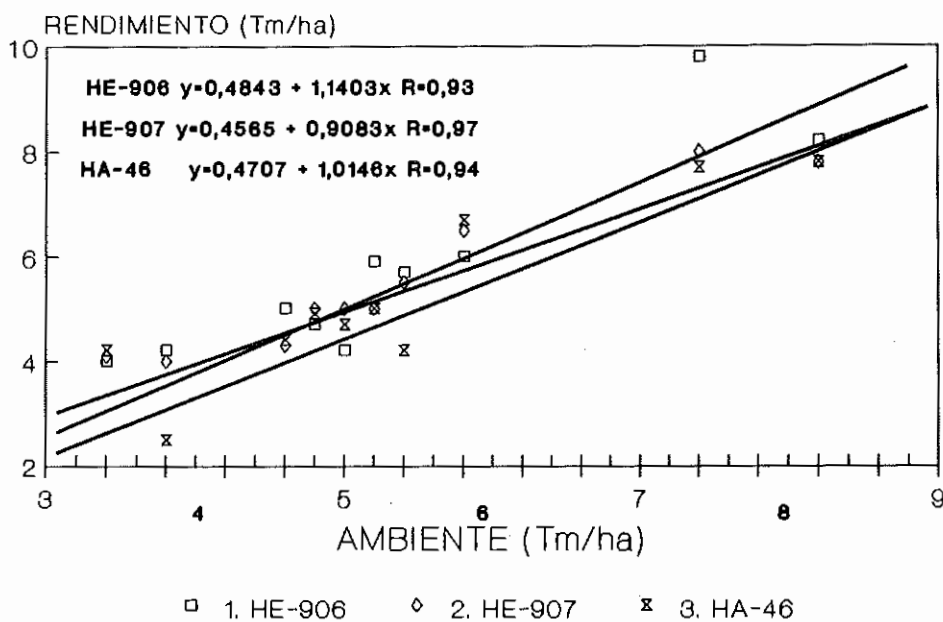
**FIGURA 3. MEDIA DE RENDIMIENTO Y PUDRICION DE MAZORCA DE HIBRIDOS A TRAVES DE 12 LOCALIDADES DE CENTROAMERICA Y EL CARIBE. 1990.**



**FIGURA 6. DISPERSION DEL RENDIMIENTO DE LOS HIBRIDOS SUPERIORES A TRAVES DE LOS 12 AMBIENTES, CENTROAMERICA Y EL CARIBE, 1990.**



**FIGURA 6. DISPERSION DEL RENDIMIENTO DE LOS HIBRIDOS SUPERIORES AMARILLOS A TRAVES DE 12 AMBIENTES, CENTROAMERICA Y EL CARIBE, 1990.**



DETERMINACION DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL (ACG)  
DE COLECCIONES NATIVAS DE MAIZ (Zea mays L.) DEL PROYECTO LAMP.  
GUATEMALA, 1990

N. Soto León <sup>1</sup>; J. L. Queme De León, C. Pérez Rodas,  
J. L. Zea Morales, E. Landaverri Villeda <sup>2</sup>

RESUMEN

Este trabajo se inició en Guatemala en 1987 con regeneración de 211 colecciones nativas y la evaluación de 349 colecciones, en la localidad de Cuyuta, ubicada a 48 msnm, con temperatura promedio anual de 27°C. De igual manera, se hizo en los otros países involucrados en el proyecto: México, Venezuela, Colombia, Uruguay, Paraguay, Chile, Bolivia, Brasil, Argentina y Estados Unidos, seleccionándose el 20% superior, tomando como criterio principal el rendimiento. Este 20% de colecciones se evaluó en 1988 en un mayor número de localidades para seleccionar el 5% de germoplasma superior; este porcentaje de colecciones sirvió de base para el intercambio de semilla entre los diferentes países para hacer el mestizaje. En lo que respecta a Guatemala, se mestizaron 86 colecciones nativas, utilizando como probador la cruz 43-46-2-3-2 x 43-68-1-1-3.

La evaluación de las cruzas se hizo bajo un diseño látice 10 x 9, con 2 repeticiones, 90 tratamientos en cuatro ambientes del país,

cuyas localidades fueron Cuyuta, La Máquina, Jutiapa y San Jerónimo.

El objetivo de este experimento fue identificar las colecciones nativas con aptitud combinatoria general positiva y que a su vez posean buenas características agronómicas.

De acuerdo a las estadísticas estimadas para rendimiento, se encontraron diferencias significativas al 1% para rendimiento, tanto por localidad como para el combinado, con coeficientes de variación entre 9 y 28%.

Es de importancia fundamental el hecho de que entre las colecciones evaluadas se identificaron 9 con ACG positiva con 0.3 hasta 1.31 ton/ha y con características agronómicas aceptables, y de acuerdo al criterio de selección (ACG), se identificaron 3 accesiones de Venezuela, 5 de Brasil y 1 de Bolivia, cuya variabilidad genética puede aprovecharse en futuros programas de mejoramiento.

---

<sup>1</sup> Coordinador. Programa de Maíz, ICTA.

<sup>2</sup> Investigadores. Programa de Maíz ICTA.

## INTRODUCCION

Guatemala cuenta con diversidad de germoplasma, de amplia variabilidad genética para diferentes características agronómicas y rangos de adaptación; por tal razón, forma parte de los 11 países latinoamericanos que en forma conjunta están desarrollando el Proyecto Latinoamericano de Maíz (LAMP), cuyo objetivo principal es el de regenerar, evaluar e identificar sistemáticamente la diversidad genética de maíz para seleccionar los genotipos útiles a los programas presentes y futuros de mejoramiento, haciendo énfasis en evaluar aspectos agronómicos y de rendimiento que conjuntamente con las accesiones seleccionadas en los países miembros del proyecto, se mestizaron en cada país, con el probador del programa nacional; en el caso de Guatemala, se utilizó la cruza simple 43-46-2-3-2 x 43-68-1-1-3-; con este trabajo se pretende seleccionar las accesiones nativas que expresen buena aptitud combinatoria general.

## OBJETIVOS

Determinar la aptitud combinatoria general de las colecciones nativas.

## REVISION DE LITERATURA

En la hibridación de maíz, la identificación de los progenitores juega un papel importante para la obtención de híbridos de alto rendimiento y buenas carac-

terísticas agronómicas. Estos progenitores se valorizan de acuerdo a la aptitud combinatoria general y específica, Quemé (1989).

La prueba de aptitud combinatoria general (ACG) se determina cruzando las o progenitores con un probador, resultando con ello las cruzas probadoras que según Márquez (1988), se le ha denominado erróneamente mestizos.

Allard (1980), menciona que se ha generalizado que la prueba de ACG se realice en las plantas seleccionadas originales (S<sub>0</sub>) o con la primera generación de autofecundación (S<sub>1</sub>) por la efectividad que han encontrado varios investigadores en esta prueba temprana. Este mismo autor cita a Jenkins, quien indicó que las líneas puras adquieren su individualidad como progenitores al principio del proceso de autofecundación, pues su aptitud combinatoria permanece bastante estable en lo sucesivo.

Uno de los problemas con que se ha enfrentado en la prueba de ACG es la identificación del mejor probador. Sin embargo, Márquez (1988), menciona que el mejor probador depende del esquema de mejoramiento que se quiera llevar a cabo, haciendo una descripción detallada sobre probadores de ACG, en donde establece que el probador más seguro es la variedad original, fuente de las líneas.

Zea mays L. (maíz) tuvo su origen en Latinoamérica



donde se encuentran ahora las áreas de mayor diversidad genética de esta especie, así como de las especies silvestres relacionadas.

La mayoría de las variedades de maíz han sido colectadas y se conservan en colecciones de trabajo (Activas) y en colecciones de base (a largo término). Los bancos genéticos del hemisferio occidental guardan entre 10 y 25 mil accesiones.

En la década del 50 se realizó la colección nacional de maíz, y por no contar con un banco de germoplasma que reuniera las condiciones mínimas para la preservación de la semilla, ésta se deterioró. No obstante de esta colección se envió una réplica al banco de germoplasma del CIMMYT, siendo éste el que proporcionó la semilla necesaria para la regeneración y evaluación de dichas colecciones.

En 1987, se estableció el Proyecto Latinoamericano del Maíz, cuyo principal objetivo al cual contribuye este convenio y del cual es parte integral, es evaluar sistemáticamente esta diversidad genética del maíz para escoger los genotipos útiles a los programas presentes y futuros de mejoramiento del maíz en todas partes del mundo.

Los países involucrados en este Proyecto a la fecha, son: México, Guatemala, Colombia, Venezuela, Bolivia, Paraguay, Uruguay, Chile, Argentina, Brasil y Estados

Unidos.

El Proyecto para su desarrollo comprende cinco etapas:

### **Etapas I**

Evaluación y regeneración de Colecciones.

En Guatemala se evaluaron alrededor de 469 colecciones, habiendo seleccionado 99 colecciones, aproximadamente 21%, agrupándolas de la siguiente forma:

69 colecciones para altitud de 3000 pies.

20 colecciones para altitud de 3000-6000 pies.

10 colecciones para altitud de más de 6000 pies.

En esta etapa se regeneraron 211 colecciones.

### **Etapas II**

El germoplasma superior se evaluó en mayor número de localidades y repeticiones, de acuerdo al rango de adaptación.

En esta etapa se seleccionó el 5% de lo superior.

Se regeneraron 100 colecciones.

### **Etapas III**

En esta etapa se inicia el intercambio del 5% del material élite seleccionado en cada país.

Con el material proveniente de otros países se establecieron parcelas de observación para ver la adaptación del material exótico, además, se procedió a la formación de mestizos en campo aislado.

Se regeneraron 47 colecciones.

#### **Etapa IV**

En esta etapa se procedió a la evaluación de los mestizos obtenidos en la Etapa III; se situaron ensayos en cuatro localidades.

Se regeneraron 373 colecciones.

#### **Etapa V**

Comprende la utilización del germoplasma seleccionado en la Etapa IV.

### **METODOLOGIA**

Para la formación de los mestizos se utilizó como probador la cruce simple 43-46-2-3-2 x 43-68-1-1-3. Se involucraron en el mestizaje 5 colecciones provenientes de Venezuela, 7 de Bolivia, 17 de Brasil, 11 de Perú, 13 de México, 8 de EE.UU y 25 de Guatemala, para un total de 86 cruces.

Para la evaluación de los mestizos se realizó un ensayo con 90 entradas, incluyendo 4 testigos locales, éstos se evaluaron bajo un diseño de látice 9x10, con dos repeticiones; se establecieron 4 experimentos en 4 ambientes del país. La

parcela experimental consta de 2 surcos de 5 m de largo; la parcela útil, de 44 plantas teóricamente.

Las variables estudiadas fueron: rendimiento, días a flor, altura de planta y mazorca, cobertura de mazorca, mazorcas podridas, acame y prolificidad.

#### **Análisis estadístico**

Se realizó análisis de varianza por localidad bajo el modelo de látice para rendimiento, porcentaje de mazorcas descubiertas y podridas. La comparación de medias se realizó por la prueba de Tukey.

Para la selección de las colecciones nativas se determinó la aptitud combinatoria general como criterio principal, considerando, además las características agronómicas.

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

En los Cuadros 1 y 2 se presentan las estadísticas estimadas en el análisis de varianza para rendimiento por localidad y combinado, de acuerdo a estos resultados podemos observar que se encontraron diferencias significativas al 1%, tanto por localidad como para el análisis combinado con coeficientes de variación que oscilan entre 9 y 28.52%; de éstos, en 3 localidades los resultados obtenidos son confiables, no así en la localidad de Jutiapa, cuyo coeficiente de variación fue el más alto.

En el Cuadro 3, los mejores rendimientos se lograron en San Jerónimo, alcanzando hasta 9.37 ton/ha, pero a través de las 4 localidades, el mayor rendimiento fue de 5.28 ton/ha superando al sintético B-1 con 1.43 ton/ha; también en este cuadro se puede observar que de las 86 colecciones evaluadas, 12 expresaron ACG positiva entre 0.06 y 1.31 ton/ha, lo cual es de suma importancia ya que esto es un indicativo del aprovechamiento que puede hacerse del germoplasma nativo al incluirlo en trabajos de mejoramiento. También en este cuadro se puede apreciar que 12 colecciones expresaron ACG positiva entre 0.06 y 1.13 ton/ha; asimismo, se muestran los mestizos superiores, entre éstos, las colecciones de Venezuela BG0021 (2), BG070403 (1) y BG070404 (3), fueron las mejores en ACG.

En el Cuadro 4, se presentan las características agronómicas de los mestizos superiores y podemos notar que entre los materiales nativos existe suficiente variabilidad genética que puede aprovecharse en el mejoramiento de ciertas características agronómicas, como punta descubierta, pudrición de mazorca y acame de raíz; es importante señalar que el mejor mestizo expresó un rendimiento superior al probador de 36% más de rendimiento.

La prueba de Tukey para rendimiento, distribuye los diferentes cruces mestizos en dos grupos, los cuales se

presentan en el Cuadro 4 en que se resumen los resultados de rendimiento de los mejores cruces mestizos.

### CONCLUSIONES

Se determinó que entre el germoplasma nativo evaluado hay colecciones que poseen aptitud combinatoria general positiva hasta 1.31 ton/ha.

Tomando como criterio la ACG y características agronómicas, se identificaron 3 colecciones de Venezuela, 5 de Brasil y 1 de Bolivia que pueden ser utilizadas en futuros programas de mejoramiento, ya sea para el desarrollo de poblaciones o bien para derivar líneas e incorporarlas al programa de híbridos, o buscar fuentes de resistencia a factores bióticos y abióticos.

### BIBLIOGRAFIA

ALLARD, R. W., 1980. Principios de la mejora genética de plantas. Traducción al español por J.L. Montoya. Ed. Omega, S.A.

MARQUEZ S., F., 1988. Genética Vegetal. Tomo II, A.G.T. Editor, S.A. México.

QUEME, J. L., 1989. Predicción y evaluación de cruces dobles y de tres líneas de maíz (*Zea mays* L.) en la zona baja de Guatemala. Tesis de M.C. Colegio de Post-graduados, Montecillo, México.

CUADRO 1. CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS PARA LA DESCRIPCION DE LA VARIEDAD V-533

Caracter	Rango
<b>Planta</b>	
Color de la hoja	Verde intenso
Color del tallo	Verde
Color nervadura central	Blanca
Altura de planta (cm)	291-316
Altura mazorca (cm)	200-230
Días a floración masculina	71-73
Días a floración femenina	72-74
No. total de hojas	18-20
No. de hojas arriba de la mazorca	5-7
Ancho de la hoja de la mazorca (cm)	9-11
Largo de la hoja de la mazorca (cm)	90-98
No. de nervaduras de la hoja de la mazorca	25-30
Angulo de inserción de la hoja de la mazorca	24 <sup>o</sup> - 32 <sup>o</sup>
<b>Espiga</b>	
Longitud (cm)	15-20
Longitud de pedúnculo (cm)	4-7
No. de ramificaciones	30-37
<b>Mazorca</b>	
Angulo de inserción de la mazorca	14 <sup>o</sup> - 23 <sup>o</sup>
Forma de la mazorca	Cilíndrica
Textura de las brácteas	Dura
Color del olote	Blanco
No. de hileras de la mazorca	10-12
Longitud (cm)	13-15
No. de mazorcas por planta	1-2
Diámetro del olote (mm)	18-20
Diámetro de la mazorca (cm)	3-4
Longitud del pedúnculo de las mazorcas (cm)	8-11
No. de nudos del pedúnculo	12-16
No. de brácteas de la mazorca	12-16
Peso de la mazorca (gramos)	91-126
Porcentaje de desgrane	84-88
<b>Semilla</b>	
Color pericarpio	Amarillo
Color capa aleurona	Amarillo
Color endospermo	Amarillo
Textura de grano	Semiduro a duro
Ancho de la semilla (mm)	7-9
Espesor de la semilla (mm)	3-4
Largo del grano (mm)	8-10

CUADRO 2. RENDIMIENTO MEDIO (kg/ha) DE LA VARIEDAD V-533 EN ENSAYOS UNIFORMES DE VARIEDADES EXPERIMENTALES BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN EL SISTEMA "MILPA".

Año	Localidad	V-533	Criollo del Productor
1986	Muna, Yuc.	774	445
	Libre Union, Yuc.	378	192
	Tzucacab, Yuc.	1459	709
	F. Carrillo Puerto, Q. Roo	943	328
	CEUX	403	68
1987	F. Carrillo Puerto, Q. Roo	2216	1339
	Tzucacab, Yuc.	2220	2130
	Libre Union, Yuc.	600	810
	CEUX	1840	1430
1989	CEUX	2136	1241
Promedio general (kg/ha)		1297	869
% respecto al criollo		149	100

CUADRO 3. RENDIMIENTO (kg/ha) DE LA VARIEDAD V-533 EN LAS PARCELAS DE VALIDACION ESTABLECIDAS EN YUCATAN Y Q. ROO.

Año	Localidad	V-533	Criollo del Productor
1987	Xoy, Yuc.	1598	1260
	Chacsinkin, Yuc.	1552	1302
	Pencuyut, Yuc.	1845	578
	Yaxchekd, Yuc.	1998	1417
	Temozón, Yuc.	1337	700
	Yaxcabá, Yuc.	1650	1121
	Temozón, Yuc.	1150	1039
1989	Calotmil, Q. Roo.	1324	1540
	Altos de Sevilla, Q. Roo.	625	225
Promedio general (kg/ha)		1453	1020
% respecto al criollo		142	100

## DESARROLLO Y FORMACION DE LA VARIEDAD DE MAIZ V-533 PARA EL SISTEMA DE PRODUCCION DE ROZA-TUMBA-QUEMA

R. A. Castillo González; G. Aguilar Castillo<sup>1</sup> ;  
J. Rodríguez Sánchez<sup>2</sup> ; Victor Martín Poot<sup>3</sup>

### INTRODUCCION

En la península de Yucatán, México, anualmente se siembran aproximadamente 300 mil ha de maíz con diferentes niveles de rendimiento, en esta superficie el 77% se realiza bajo el sistema de producción roza-tumba-quema (R-T-Q) o sistema "milpa" en condiciones de temporal y con predominio de suelos pedregosos que al estar descubiertos son fácilmente erosionables y pierden su fertilidad. En este sistema de producción, únicamente sobresalen los maíces criollos cuyo rendimiento medio en la península de Yucatán es de 800 kg/ha, Echeverría (1990), y tienen una gran importancia social debido a que su producción básicamente es de autoconsumo, esta agricultura se caracteriza por el uso de pocos insumos y el abandono de los suelos al barbecho después de dos ciclos consecutivos de cultivo.

El suelo delgado, la infestación rápida y agresiva de la maleza y lo errático del temporal son condiciones

adversas que tiene que enfrentar el milpero con el uso de germoplasma criollo Xnuc-Nal, que de acuerdo con Wellhausen *et al.* (1952), corresponden a la descripción de la raza tuxpeño, estos maíces son de bajo rendimiento y condicionados a un periodo restringido de siembra.

Por lo anterior, el programa de mejoramiento genético de maíz en el estado de Yucatán realizó desde 1978 trabajos de colección, evaluación selección y mejoramiento genético de germoplasma criollo de maíces super-tardíos con el objetivo de generar variedades con alto rendimiento y adaptadas al manejo del productor milpero en el sistema de siembra tradicional.

### MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se inició en 1978 con la colecta de maíces criollos en la península de Yucatán, México; en el siguiente año, se estable-

---

<sup>1</sup> Fitomejoradores. Red de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIAP), México.

<sup>2</sup> Fitomejorador. Red de Maíz del INIFAP, México hasta marzo de 1990

<sup>3</sup> Ing. Agr. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

cieron lotes de observación e incremento del germoplasma por medio de cruza masivas fraternales Márquez (1985), de esta forma, mediante la elección del germoplasma tardío tipo Xnuc-Nal, en 1981 se establecieron ensayos de rendimiento donde se seleccionaron 51 colectas sobresalientes por su rendimiento de grano y atributos deseables, las cuales se integraron en una población de amplia base genética con la metodología de medios hermanos de Pandey et al. (1982), en cada colecta de maíz se seleccionaron las mejores 10 familias, de tal forma, que la población de amplia base genética estuvo constituida por 500 familias de medios hermanos. En 1984, después de cuatro ciclos de recombinación genética se autofecundaron las 500 familias de medios hermanos con la finalidad de eliminar genes deletéreos, posteriormente se continuó con la recombinación genética. La fracción superior del ciclo 5 de recombinación constituyó la variedad experimental complejo supertardío amarillo ciclo 5 (CSTAC5), la cual fue sometida a selección visual para rendimiento y menor altura de planta durante 2 ciclos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Como resultado de este proceso de mejoramiento genético, resultó la variedad de maíz V-533, la cual es de polinización libre de grano color amarillo y textura cristalina, tiene un rango de 130 a 149 días de la siembra a la cosecha y las plantas

son de porte alto, de 291 a 316 cm de altura, aproximadamente 55 cm menos que la altura de los maíces criollos del productor. En el Cuadro 1, se presentan las características cuantitativas de la variedad V-533, de acuerdo con esta información hay coincidencia entre las floraciones masculina y femenina, lo cual no ocurre con los maíces criollos que tienen intervalos de las floraciones hasta de 7 días.

La variedad V-533 tiene buena adaptación a las condiciones de peligrosidad del sistema "milpa" (RTQ). En el Cuadro 2, se presentan los rendimientos obtenidos en evaluaciones realizadas durante tres años en 10 localidades de la península de Yucatán donde se observa que en promedio general, esta variedad superó en 49% al rendimiento de la variedad criolla del productor.

En el Cuadro 3, se presentan los resultados obtenidos en 9 parcelas de validación establecidas en localidades diferentes durante dos años, el rendimiento medio de la variedad V-533 fue de 1.45 ton/ha, lo cual superó en 42% al rendimiento medio de los maíces criollos utilizados en dichas pruebas. En todas las localidades, las parcelas de validación fueron de una hectárea en parcelas de productores, donde todos los trabajos de la siembra hasta la cosecha fueron realizados por ellos mismos y la variedad V-533 fue comparada con la variedad del productor cooperante.

El rendimiento medio de 1.45 ton/ha, obtenido con esta nueva variedad en las parcelas de validación, incrementa en 81% el rendimiento medio de maíz de la península de Yucatán bajo condiciones del sistema "milpa". En el estado de Yucatán se ha puesto especial atención a la producción de semilla certificada debido a la demanda de esta semilla por los productores de maíz y a mediano plazo con el uso de esta variedad el rendimiento medio será mayor.

#### BIBLIOGRAFIA

- ECHEVERRIA, R. G. 1990.** Inversiones públicas y privadas en la investigación sobre maíz en México y Guatemala. Documento de trabajo 90/03 del programa de economía del CIMMYT. México, D. F. CIMMYT.
- PANDEY S., S. K. VASAL, C. DE LEON, A. ORTEGA, G. GRANADOS Y E. VILLEGAS. 1982.** Desarrollo y mejoramiento de poblaciones de maíz. X Reunión de maiceros de la zona andina, Santa Cruz, Bolivia. pg.35.
- MARQUEZ S.F. 1985.** Genotécnia Vegetal. Métodos Teoría Resultados. Tomo 1. AGT Editor S.A. pp. 357.
- WELLHAUSEN, E.J., L.J. ROBERTS AND E. HERNANDEZ X. IN COLABORATION WITH P. C. MANGELSDORF. 1952.** Races of maize in México. The Bussey institution of Harvard. University. United States of América.



CUADRO 1. ANDEVA PARA RENDIMIENTO POR LOCALIDAD Y COMBINADO DE EVALUACION DE MESTIZOS CON GENOTIPOS NATIVOS, GUATEMALA, 1990.

Localidad	Media	F	CV	MDS	% ERL/BCA /1
Cuyuta	2.65	**	21.97		113
La Máquina	3.46	**	18.69		115
Jutiapa	2.64	**	28.52		107
San Jerónimo	7.07	**	12.73		119
Combinado	3.96	**	9.24		456

1/ Eficiencia relativa de látex con respecto a bloques completos de azar.

CUADRO 2. ANDEVA PARA DIFERENTES VARIABLES DE LA EVALUACION DE CRUCES MESTIZOS, GUATEMALA, 1990.

Estadísticos	Rend. ton/ha	% Mzc. Desc.	% Mzc. Pod.
F. Trat.	**	**	**
% CV	9	53	13
Genotipo x Ambiente	**	**	**
Ambiente	**	**	**
% E. Rel./BCA	456	413	430
Máximo	5	27	67
Mínimo	2	1	31
X Gral.	3	9	44

CUADRO 3. ESTIMACION DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL DE LOS GENOTIPOS NATIVOS DEL PROYECTO LAMP GUATEMALA. 1990.

Genotipo*	1	2	3	4	X Gral.	A C G
2	3.95	4.18	4.77	8.24	5.28	1.31
1	4.14	3.76	3.24	8.95	5.02	1.05
29	3.18	3.88	3.09	9.37	4.88	0.91
5	3.00	4.00	3.60	9.08	4.92	0.95
23	3.81	4.03	2.67	8.18	4.67	0.70
16	3.31	3.88	3.21	7.77	4.54	0.57
22	2.21	4.25	2.95	8.18	4.40	0.43
6	2.35	3.71	2.58	9.10	4.43	0.46
20	3.42	3.40	1.73	8.54	4.27	0.30
56	3.33	3.83	2.72	6.64	4.13	0.16
41	3.56	3.53	3.49	5.34	3.98	0.01
63	2.12	3.97	4.00	6.05	4.03	0.06
51	2.07	2.75	2.01	4.33	2.79	1.18
X Gral. Mest.	2.64	3.47	2.63	5.13	3.97	
Probador						
43-460-2-3-2 x 43-68-1-1-3	2.84	3.55	1.63	7.62	3.89	
Testigos						
Sintético B-1	2.69	3.84	3.54	5.36	3.85	
ICTA A-6	3.65	3.54	3.59	6.16	4.23	
% CV	21.97	18.69	28.52	12.73		

1 = Cuyuta  
 2 = La Máquina  
 3 = Jutiapa  
 4 = San Jerónimo

X Gral. Mest.

Probador  
 43-460-2-3-2 x  
 43-68-1-1-3

Testigos  
 Sintético B-1  
 ICTA A-6

\* 2 B6070403  
 1 B6002  
 29 BRA0052060  
 5 B6070809  
 23 BRA0051501  
 16 BRA0043915

22 BRA0051403  
 6 B02M0093  
 20 BRA0050598  
 56 GUATE 209  
 41 GUATE 6PD 4-1A  
 63 GUATE 334R

GUATE 112

CUADRO 4. MEDIAS DE ÉNDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DDE LOS CRUCES MESTIZOS DEL PROYECTO LAMP. GUATEMALA, 1990.

Mestizos	Rend. t/ha	% S/ Prob.	DAF	Alt. Mzc.	% Mzcs.	
					Desc.	Pod.
2 (HB-83)	5.28	136	61	137	13	16
1 (HB-83)	5.02	129	61	142	9	15
5 (HB-83)	4.92	126	63	157	8	11
29 (HB-83)	4.88	125	64	152	8	14
23 (HB-83)	4.67	120	64	153	7	14
16 (HB-83)	4.54	117	63	139	5	16
6 (HB-83)	4.43	114	65	154	5	20
22 (HB-83)	4.40	113	65	139	8	14
20 (HB-83)	4.27	110	64	151	7	17
<b>Probador</b>						
43-46-2-3-2 x 43-68-1-1-3	3.89	100	65	121	16	22
<b>Testigos</b>						
Sintético B-1	3.94		60	121	4	13
A-6	4.13		59	128	11	10

CUADRO 4. MEDIAS DE RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS CRUCES MESTIZOS DEL PROYECTO LAMP, GUATEMALA, 1990.

Mestizos	Rend. ton/ha	% S/ Prob.	DAF	Alt. Mzc.	% Mzcs.	
					Desc.	Pod.
2 (HB-83)	5.28	136	61	137	13	16
1 (HB-83)	5.02	129	61	142	9	15
5 (HB-83)	4.92	126	63	157	8	11
29 (HB-83)	4.88	125	64	152	8	14
23 (HB-83)	4.67	120	64	153	7	14
16 (HB-83)	4.54	117	63	139	5	16
6 (HB-83)	4.43	114	65	154	5	20
22 (HB-83)	4.40	113	65	139	8	14
20 (HB-83)	4.27	110	64	151	7	17
Probador						
43-46-2-3-2 x 43-68-1-1-3	3.89	100	65	121	16	22
Testigos						
Sintético B-1	3.94		60	121	4	13
A-6	4.13		59	128	11	10

## AGRONOMIA Y FISILOGIA. Fisiología

### DESARROLLO DEL FOLLAJE, INTERCEPCION DE RADIACION Y UN MODELO SIMPLIFICADO DE LA PRODUCTIVIDAD POTENCIAL DEL MAIZ

J. Bolaños <sup>1</sup>

#### El ambiente de la Radiación

La cantidad diaria de radiación solar ( $R_s$ ) (onda corta) incidencia sobre los trópicos (entre 0-30 grados de latitud) varía entre 10 y 25 MJ m<sup>2</sup> día<sup>1</sup>, (1 MJ = 105 Joule y 1 Joule = 0.2389 calorías) variando principalmente por cambios en la nubosidad y día del año. La constante solar (la radiación incidente afuera de la capa atmosférica típicamente normalmente la radiación a valores entre 20 y 25 MJ m<sup>2</sup> día<sup>1</sup> para días claros, sin nubosidad, de verano.

$R_s$  es típicamente medida por piranómetros solares en estaciones meteorológicas, pero puede ser estimada por modelos matemáticos con datos de la latitud, el día del año, y la proporción de horas brillantes a horas con nubosidad. Usted deberá familiarizarse con valores típicos de  $R_s$  para su localidad, o su área de experimentación. Un valor típico para los trópicos puede ser de 20 MJ m<sup>2</sup> día<sup>1</sup>.

Por ejemplo, si usamos un valor promedio de  $R_s$  de 20 MJ m<sup>2</sup> día<sup>1</sup> y una duración to-

tal del cultivo de 120 días, la radiación total disponible durante el ciclo del cultivo sería de 2400 MJ m<sup>2</sup> (multiplique  $R_s$  por el número de días.

#### Evapotranspiración

Se necesita una energía de radiación solar de 2.4 MJ m<sup>2</sup> para evaporar el equivalente de 1 mm de agua por día de la superficie (683 cal para 1 g de agua a 20°C). Mientras la superficie se encuentra húmeda o mojada, o actúe como una superficie húmeda (el follaje de las plantas, suelo superficial húmedo) más del 90% de la radiación incidente de disipará en evapotranspiración (ET), y muy poca en calor sensible (sensible porque se siente a través de un incremento en la temperatura). (Calcule la demanda evaporativa para ambientes de 10, 15, 20 y 25 MJ m<sup>2</sup> día<sup>1</sup>).

Cuando la superficie se encuentre seca (ej, suelo secos) entonces la energía incidente tendrá que disiparse como calor, y la temperatura aumentará consi-

---

<sup>1</sup> CIMMYT. Programa Regional para Centro América y El Caribe.

derablemente (compare la temperatura al mediodía de arena mojada y arena seca en la playa). Como primera aproximación, el porcentaje del área de la superficie que actúe como superficie húmeda puede usarse para calcular el porcentaje de la radiación solar Incidente que se disipará en ET. Cuando hay advección, o sea, cuando el área se encuentre rodeada por áreas extensas secas, entonces el ET (expresado en unidades energéticas usando  $1 \text{ mm} = 2.4 \text{ MJ m}^2$ ) podrá exceder a  $R_s$ , por 20-40% adicionales. Usando estos principios, y estimados razonables. Usted podrá predecir la demanda de agua para distintos sistemas. En general, en los trópicos, ET podrá variar desde 5-6 mm día<sup>1</sup> hasta 7-8 mm día<sup>1</sup>.

Por ejemplo, en un ambiente con  $R_s$  de  $20 \text{ MJ m}^2$ . ET será cerca de 7-8 mm día<sup>1</sup> para una superficie húmeda, 9-10 mm día<sup>1</sup> si hay bastante advección, y 4-5 mm día<sup>1</sup> si hay follaje incompleto y superficie del suelo seca. Usted puede usar los valores promedios de  $R_s$  de su área para estimar en grosso modo la demanda de agua (esta será en muchos casos, una buena primera aproximación).

### **Desarrollo del follaje e intercepción de radiación por los cultivos anuales**

La cantidad de radiación Interceptada por un cultivo depende del grado de cobertura del cultivo del suelo (o el porcentaje de la radiación Interceptada por el follaje del cultivo) y la radiación

solar incidente ( $R_s$ ), la cual depende de factores climáticos. El porcentaje de intercepción de radiación por el cultivo se incrementa a medida que el follaje se expande hasta que cubre totalmente el suelo y captura la mayoría de la radiación incidente. Aún en casos de cobertura completa, el porcentaje de radiación Interceptada será de 95%, porque siempre hay luz difusa que se transmite, Ya que el maíz es una planta determinada, la expansión del follaje esa a la floración, que es cuando el cultivo alcanza la mayor cobertura y la mayor intercepción de radiación. Para el maíz, el índice foliar (leaf area index, LA), o sea,  $\text{m}^2$  de follaje por  $\text{m}^2$  de suelo, es cerca de 4 en un momento de cobertura máxima. En una estrategia para maximizar la productividad, el cultivo deberá capturar el máximo de radiación posible cubriendo el suelo rápidamente y manteniendo su área verde foliar por períodos largos. Si la expansión foliar es reducida por estreses temprano durante el ciclo, los efectos normalmente se acumulan, y la cantidad total de radiación interceptada por el cultivo se reduce drásticamente.

Al comienzo del ciclo, la intercepción de radiación por el follaje dependerá de la densidad de siembra, la tasa de expansión del follaje, la arquitectura foliar, el arreglo espacial, y la competencia por malezas. En la fase cercana a la flora-

maño final y cesará su crecimiento, en estas condiciones, el mantenimiento de la densidad poblacional y el tamaño final por planta son importantes. En la fase del llenado de grano, la duración del área verde foliar y la tasa de senescencia controlan la cantidad de radiación que el follaje intercepta durante esta fase.

Por ejemplo, en su ambiente con  $20 \text{ MJ m}^2$ , el cultivo del maíz solamente interceptará  $2-3 \text{ MJ m}^2 \text{ día}^1$ , temprano durante el ciclo (15-25 días después de la siembra, DDS), incrementándose a  $8-10 \text{ MJ m}^2 \text{ día}^1$ , cuando el follaje comienza a expandirse (30-40 DDS), y hasta  $16-18 \text{ MJ m}^2 \text{ día}^1$ , cuando el cultivo alcance cobertura completa (cercano a la floración).

La sumatoria acumulativa de la radiación interceptada por el follaje a lo largo de todo el ciclo es el principal factor que determinará la biomasa total producida y el uso de agua por el cultivo. Al interceptar radiación, el follaje produce materia seca a través de la fotosíntesis y al mismo tiempo, evapora agua a través de la evapotranspiración (ET).

La Figura 1, presenta curvas esquemáticas del desarrollo de la cobertura del follaje por distintas prácticas culturales y estreses ambientales de maíz. Lo que es importante desde el punto de vista de la radiación es la suma total de la radiación interceptada por el

cultivo (follaje) a lo largo del ciclo. Hay que sumar la interceptación diaria de radiación por cada día del ciclo. Los números en la figura representan el porcentaje de la radiación total disponible durante el ciclo interceptada por las distintas curvas esquemáticas A, B, C.

**El Cultivo A** de maíz ejemplifica condiciones de un buen manejo agronómico, buena fertilidad y buen manejo de malezas. El follaje cubre rápidamente el suelo y llega a interceptar cerca del 95% de la radiación solar disponible a la floración. Este cultivo intercepta el 54% de la radiación total disponible a lo largo del ciclo. Es posible lograr cambios pequeños en esta curva con una mejor manipulación de la densidad de siembra, el mantenimiento del área verde durante el llenado de grano, y la sincronía entre las características fenológicas y el ambiente. La línea punteada representa otra variedad con características superiores en el mantenimiento del área verde foliar durante el llenado de grano (menor tasa de senescencia), e intercepta el 58% de la radiación solar disponible a lo largo del ciclo, o sea 4% más que A debido a sus características superiores en el mantenimiento del área verde.

**El Cultivo B** de maíz es típico de muchos agricultores de bajos recursos con mal manejo agronómico, baja fertilidad mal control de malezas, y una combinación de

otros factores limitantes, cuya consecuencia es que el follaje no cubre totalmente el suelo y no intercepta la radiación total disponible por día. El efecto de este desarrollo incompleto del follaje se acumula a través del tiempo y la cantidad total de radiación interceptada por el cultivo decrece drásticamente. El cultivo B intercepta el 32% de la radiación total disponible durante el ciclo, 22% menos que el cultivo A. Si hay malezas presente, la radiación no interceptada por el follaje del cultivo es interceptada por el follaje de las malezas presente, la radiación no interceptada por el follaje del cultivo es interceptada por el follaje de las malezas, lo que significará un uso de agua por las malezas reduciendo la disponibilidad hídrica para el cultivo. Así mismo, las malezas también utilizarán parte del nitrógeno disponible, reduciéndole su disponibilidad al cultivo.

**El Cultivo C** de maíz representa un caso aún más extremo y severo del desarrollo del follaje bajo condiciones de mal manejo agronómico y estreses ambientales. Ejemplifica condiciones donde el desarrollo del follaje es reducido desde muy temprano en su desarrollo por sequía, baja fertilidad, y competencia por malezas. Los estreses se acumulan en el tiempo, y el cultivo C solamente intercepta el 19% de la radiación total disponible durante el ciclo, el 35% menos que el cultivo A.

Por tanto, un cultivo de maíz con buen manejo agronómico (cultivo A) interceptará cerca del 50-60% de la radiación total disponible durante el ciclo. Aún con el mejor manejo agronómico posible 60% parece ser el límite de la cantidad de la radiación total disponible durante el ciclo que el follaje intercepta, ya que hay pérdidas sustanciales durante la fase inicial temprano después de la siembra, y durante el llenado de grano cuando las hojas comienzan su senescencia. Cultivos con mal manejo agronómico (cultivo B) solamente interceptan cerca del 30-40% de la radiación disponible durante el ciclo, y cultivos con muy mal manejo agronómico cerca del 20%.

Para cultivos en asocio, la radiación desaprovechada por uno de los cultivos es aprovechada por el otro. Por ejemplo, si sembramos una leguminosa en asocio con el maíz, la radiación no utilizada por el maíz al inicio del ciclo, o al final del ciclo podrá ser usada por asocio. Por ejemplo, asumiendo que el maíz interceptara cerca del 60% de la radiación disponible, y que el 15% no será aprovechada por ineficiencias del sistema, entonces un 25% de esa radiación podrá ser aprovechada por el asocio.

#### **Eficiencia del uso de la radiación (E) y productividad**

El maíz como el resto de la plantas, convierten la radiación interceptada en ma-



teria seca (biomasa) a través de la fotosíntesis. Al mismo tiempo para disipar la energía interceptada a través de la radiación los cultivos también evaporan agua. Por eso hay una relación muy estrecha entre la productividad y la demanda de agua por cultivo.

La eficiencia con que distintos cultivos o cultivos de maíz convierten radiación ( $R_s$ ) en biomasa se denomina la eficiencia de conversión ( $E$ ) y tiene unidades de gramos de biomasa producidos por MJ de radiación interceptado. Calculaciones teóricas para cultivos con metabolismo C dan valores de  $E$  de 1.0-1.5 g MJ<sup>-1</sup>, y para cultivos con metabolismo C valores de  $E$  de 0.5-1.0 g MJ<sup>-1</sup>.

Para follaje de maíz con alto nitrógeno y sin limitaciones hídricas de plagas, de enfermedades, etc., los valores promedios de  $E$  pueden ser cercanos a 1.2 g MJ<sup>-1</sup>. Los valores máximos reportados de para maíz (en su fase vegetativa) en la literatura son de 1.4 g MJ<sup>-1</sup>. Sin embargo, en condiciones de baja fertilidad, estrés hídrico, etc.,  $E$  puede bajar a niveles de 0.5 g MJ<sup>-1</sup>. Existe una relación muy estrecha entre  $E$  y el contenido de N en el follaje. También, ya que el contenido de N decrece a medida que la planta envejece,  $E$  decrecerá con la senescencia. En promedio por tanto, el maíz producirá entre 0.5-1.5 gramos de biomasa por cada MJ interceptado.

## Producción de grano índice de cosecha

La planta produce biomasa a través de la fotosíntesis, pero re-distribuye la materia seca hacia la mazorca y el grano. En buenos ambientes, para maíces tropicales, los índices de cosecha (% de a biomasa total producida que se destina al grano) pueden ser cercanos a 45%. Si hay estrés durante la floración, el índice de cosecha puede reducirse hasta 10-15%.

## Productividad diaria

Para un día típico en el trópico, con 20 MJ m<sup>2</sup> de radiación solar, una interceptación total por follaje de maíz (100% de cobertura del suelo), y una eficiencia de conversión ( $E$ ) de 0.5-1.0 g MJ<sup>-1</sup>, la producción diaria de biomasa por un cultivo de maíz puede oscilar entre 100 y 200 kg ha<sup>-1</sup> por día. Si asumimos que el índice de cosecha es de 40% esto significa que la producción de grano puede ser de 40 a 80 kg/ha<sup>-1</sup> por día.

## Modelo simple para estimar la productividad

El rendimiento de grano se puede estimar en base a las consideraciones anteriores en base a un modelo simple:

$$\text{Rend} = 1 \times R_s \times \% R_1 \times E \times IC,$$

$R_s$ : es la radiación solar diaria, que puede oscilar en los trópicos desde 10 a 20 MJ m<sup>2</sup> día<sup>-1</sup>, fundamentalmente de-

pendiendo de la nubosidad.

**% R1:** es el porcentaje de la radiación solar interceptada por el cultivo y esta puede oscilar para maíz desde un límite máximo de 60% (0.6) para buen manejo agronómico hasta 20% (0.2) por mal manejo agronómico.

**E:** es la eficiencia de conversión de radiación en materia seca, que puede oscilar entre 1.2 g MJ<sup>1</sup> para follaje sano, con alta fertilidad, y sin estreses ambientales, y 0.5 g MJ<sup>1</sup> en situaciones limitantes marginales.

**IC:** es el índice de cosecha, que depende de la fracción de la biomasa destinada a la mazorca. Maíces tropicales tienen un IC máximo de 45%, pero por estreses durante la floración reducen el IC.

**Productividad de cultivos A. B. C.**

**Cultivo A:** El cultivo A Interceptó el 54% de la radiación disponible (20 MJ m<sup>2</sup> X 120 días X 0.54 = 1296 MJ m<sup>2</sup>) o sea casi 1300 MJ m<sup>2</sup> durante el ciclo. Con una eficiencia (E) cercana a 1.0 g MJ<sup>1</sup>, esto significa que este cultivo producirá aproximadamente 1,3000 g m<sup>2</sup>, o sea 13.0 ton/ha de biomasa. Si asumimos un índice de cosecha (IC) de 0.5, esto significa una producción de grano de 6.5 ton/ha. Este valor concuerda bastante bien con los potenciales de rendimiento para cultivares de maíz de 120 días en el trópico.

**Cultivo B:** El cultivo B interceptó el 32% de la radiación disponible (20 MJ m<sup>2</sup> día<sup>1</sup> X 120 días X 0.32 = 768 MJ m<sup>2</sup>) o sea, un total de 768 MJ m<sup>2</sup> durante el ciclo. Si asumimos una eficiencia (E) de 0.7 g MJ, asumiendo una reducción en E debido a cierto estrés ambiental entonces, esto significa una producción de biomasa de (768 MJ m<sup>2</sup> X 0.7 g MJ<sup>1</sup> = 538 g m<sup>2</sup>) o sea, 5.4 ton/ha<sup>1</sup>. Con un índice de cosecha (IC) de 0.5, esto significa una producción de grano de 2.7 ton/ha<sup>1</sup>.

**Cultivo C:** El cultivo C interceptó el 19% de la radiación disponible (20 MJ<sup>2</sup> X 120 días X 0.19 = 456 MJ m<sup>2</sup>), o sea, solamente 456 MJ m<sup>2</sup> de un total disponible de 2400 MJ m<sup>2</sup> a través del ciclo. Si asumimos una eficiencia de cosecha (IC) de 0.5 esto significa una producción de grano de 1.1 ton/ha<sup>1</sup>, la cual sería aún mayor si el índice de cosecha fuese menor.

Es sorprendente que este simple modelo de productividad tenga aproximaciones bien cercanas a la productividad de muchos campos de maíz. En resumen, el rendimiento de grano es el producto de los siguientes factores:

$$\text{Rend} = t \times R_s \times \% R1 \times E \times IC$$

$$\begin{aligned} \text{Cultivo A: } & 120 \times 20 \times 0.54 \times \\ & 1.0 \times 0.5 = \\ & 648 \text{ G M}^2 = 6.5 \text{ ton/ha.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cultivo B: } & 120 \times 20 \times 0.32 \times 0.7 \times 0.5 = \\ & 269 \text{ G M}^2 = 2.7 \end{aligned}$$

**Cultivo C:**

$120 \times 20 \times 0.19 \times 0.5 \times 0.5 =$   
 $110 \text{ g M}^2 = 1.1.$

El lector deberá manipular las distintas variables para evaluar el impacto sobre la productividad de cambios genéticos (mejor índice de cosecha, mejor estabilidad del índice de cosecha antes los stresses ambientales, mejores características de senescencia), cambios agronómicos (cambios en E y % R1), cambios en la duración del cultivo, así como cambios en la radiación solar disponible (días largos vs días cortos).

**El costo en nutrientes de la productividad**

El maíz necesita adquirir nutrientes del suelo para sostener la productividad descrita anteriormente. Por ejemplo, el nitrógeno (N) es normalmente el elemento más limitante a la productividad en muchos suelos. El fósforo (P) es también otro elemento limitante. Muchos de los suelos de la región tienen contenidos de potasio (K) altos, y los cultivos normalmente no responden a aplicaciones de este elemento.

El contenido de N en la planta de maíz decrece casi linealmente a medida que la planta madura (acumula unidades de calor). Para una plántula recién germinada, el contenido de N puede ser cerca al 5% de la materia seca total, este valor decrece alrededor del 2.5% a la floración. Por consiguiente, un cultivo de maíz

con 6.0 ton ha<sup>1</sup> de materia seca a la floración contiene cerca de 150 kg N ha<sup>1</sup>. Sin esta cantidad de N en el suelo (ya sea por mineralización nativa, adiciones en la lluvia, adiciones de materia orgánica, o adiciones de fertilizantes) no será posible sostener esa producción de materia seca.

Follaje verde, recién expandido, joven, tiene contenidos de N alrededor del 3%. Si asumimos una densidad específica del follaje del maíz de 6.0 mg cm<sup>2</sup> (ha de follaje pesa aproximadamente 600 kg materia seca), esto significa que cada índice foliar (leaf area Index) o cada hectárea de follaje cuesta cerca de 20 kg N ha<sup>1</sup>. Ya que el maíz tiene un índice óptimo cerca de 4 a 5, esto significa un costo en N de 80-100 kg N ha<sup>1</sup> para interceptar la radiación.

El grano de maíz tiene un contenido de N alrededor de 1.5% y el rastrojo alrededor de 1.2%. Si un agricultor cosecha 5 ton ha<sup>1</sup> de grano de maíz, este grano contiene cerca de 75 kg N ha<sup>1</sup>, y el agricultor remueve esta cantidad de N del sistema irreversiblemente. Desde el punto de vista de la sostenibilidad del sistema, es necesario retornarle al sistema por lo menos la misma cantidad. Si al producir este grano produce además otros 6 ton ha<sup>1</sup> de rastrojo, necesita otros 72 kg N ha<sup>1</sup>. Al quemar el rastrojo, la mayoría del N se volatiliza en forma gaseosa, y se pierde del sistema con un costo re-

lativamente importante (72 kg N X U\$0.50 kg<sup>1</sup> = U\$36 ha<sup>1</sup>). O sea en total el cultivo consumió cerca de 150 kg N ha<sup>1</sup> para alcanzar esa productividad. Si el suelo no es capaz de mneralizar esta cantidad de N a la velocidad que la planta lo necesita, es necesario entonces aplicarlo en forma de fertilizante químico o como adiciones de materia orgánica que contenga suficiente N. Consideraciones similares se pueden hacer con los otros nutrientes, por ejemplo, el grano de maíz contiene cerca de 0.2-0.3% de P.

Leguminosas agresivas como Stizolobium deerengianum (Mucuna), usadas por muchos agricultores en la región pueden producir cerca de 15-10 ton ha<sup>1</sup> de materia seca a lo largo de 6-8 meses en las épocas lluviosas. Usando el modelo simple para estimar la productividad, 240 días X 15 MJ m<sup>2</sup> día<sup>1</sup> X 0.75 (%R1) X 0.7 (E) = 19 ton ha<sup>1</sup>.

Este rastrojo puede contener cerca de 2.5% de N, lo que significa por lo menos cerca de 350 kg N ha<sup>1</sup>. Esta cantidad de N puede sustituir el contenido en el fertilizante, y es suficiente para soportar un cultivo de maíz.

## AGRONOMIA Y FISILOGIA - Nutrición y Microbiología.

### RESPUESTA RESIDUAL DE FUENTES Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO Y AZUFRE EN EL CULTIVO DE MAIZ EN 7 LOCALIDADES DE CENTRO AMERICA, 1989-90

#### PROGRAMA REGIONAL PARA CENTRO AMERICA Y EL CARIBE <sup>1</sup>

#### RESUMEN

El efecto residual de los fertilizantes fosfóricos en el cultivo de maíz ha recibido muy poca atención en la investigación en campos de agricultores en Centro América. En 1989, 17 ensayos fueron establecidos en Centro América para evaluar diferentes fuentes y métodos de aplicación de fósforo (P) y azufre (S).

Los tratamientos consistieron en un factorial de dos dosis de P (30 y 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) con 40 kg S/ha como CaSO<sub>4</sub>, dos métodos (P y S aplicados al chuzo o P y S aplicado al voleo) y tres fuentes (roca fosfórica (RF), fórmula común que varía por país (FOR) y superfosfato triple (SFT), y otros 6 tratamientos adicionales no factoriales. De los 17 ensayos, 7 fueron seleccionados para estudios residuales posteriores en base a la respuesta significativa observada a la aplicación de P Metalío Guaymango y Sacayoyo, El Salvador; Cuyuta, Jutiapa, y Zacapa, Guatemala; Parita y

la Honda, Panamá. El efecto residual de las distintas fuentes de P se evaluó en éstas 7 localidades en un segundo cultivo de maíz fertilizado solamente con N en 1990.

En los 7 ensayos en 1989, se observó una respuesta positiva a la aplicación de P (en comparación con el testigo sin P) de 0.45±0.18, 1.00±0.32 y 0.91±0.38 ton/ha para RF, FOR y SFT respectivamente. La roca fosfórica fue menos eficaz como fuente que la fórmula o el SFT. En 1990, las parcelas que recibieron P en 1989, mostraron un efecto residual de 0.33±0.09, 0.30±0.15, 0.38±0.12 ton/ha para RF, FOR y SFT, respectivamente, en comparación con el testigo. La ausencia de diferencias residuales entre las distintas fuentes de P aún no se entiende bien, pero se requiere de mayor estudio e interpretación en función de las características químicas y composición de las fuentes utilizadas. La interpretación preliminar sugiere

<sup>1</sup> Presentado por el Ing. Mario Fuentes ICTA, Guatemala en representación del Proyecto Colaborativo de Agronomía de los Programas Nacionales de Centro América y El Caribe y el CIMMYT.

que la fijación de P en estos suelos puede ser suficientemente alta como para negar efectos residuales significativos de un año al otro.

Las comparaciones del método de aplicación (P y S aplicados juntos en forma localizada (chuzo) en comparación a P localizado y S al voleo) demostraron una posible ventaja para chuzo-chuzo en el ciclo residual en solo 4 de las localidades evaluadas. Estos incrementos de rendimiento (+0.28 y +0.38 ton/ha en 1989 y 1990, respectivamente) parecen estar asociadas con un pH de suelo en el rango de 5.4 a 5.9.

#### INTRODUCCION

Una gran parte de los suelos de la región de Centro América y el Caribe tienen niveles bajos de fósforo (P), por lo que es de esperar una respuesta positiva a la fertilización con este elemento, Schmoock (1989). Al suelo es posible proporcionarle todos los elementos nutritivos, sin embargo después del agua y el nitrógeno, los dos elementos nutritivos limitantes más comunes en los trópicos son probablemente P y S. Muchos de los suelos de la región son de origen volcánico y tienen altos contenidos de alófono, por lo cual aumenta el poder de fijación del P y S, Ishizuka y Black (1977). Oxisoles y ultisoles altamente meteorizados presentan comúnmente deficiencias de P. Prácticas de manejo de P desarrolladas para suelos de poca fijación

son poco útiles en suelos tropicales con alta fijación de P. Por otra parte, el efecto residual y la disponibilidad de P a través del tiempo de distintos fertilizantes fosfóricos han recibido muy poca atención en campos de agricultores. Así tenemos que existen diferencias significativas entre y dentro de especies en su habilidad para tolerar niveles bajos de P disponible en el suelo, Sánchez (1981).

Deficiencias de azufre (S) se han reportado en suelos derivados de ceniza volcánica, dada la presencia de alófono que puede fijar formas orgánicas de S, Blair y Lefroy (1987). Se cree que los suelos meteorizados del trópico tienen capacidades de intercambio aniónicas más altas que los suelos de climas templados y por tanto una capacidad más alta para adsorber fosfatos y sulfatos.

La aplicación de silicatos frecuentemente tiene un efecto benéfico en disminuir la fijación de P. Aunque el silice no se considera como un nutriente esencial para crecimiento de las plantas, en suelos tropicales altamente meteorizados se ha obtenido aumento de rendimientos con aplicaciones de silice. Se está acumulando rápidamente evidencia que indica las deficiencias de S son más extensas en los trópicos que la de potasio (K). Muchos casos de deficiencias de S se han estado corrigiendo inconcientemente mediante el uso de fertilizantes que contienen S, tales

como el sulfato de amonio y el superfosfato simple (SFS). El uso de otras fuentes como urea y el superfosfato triple (SFT), ha dado lugar a una mayor cantidad de deficiencias severas de S, Sánchez (1981).

La roca fosfórica (RF) presenta ciertas ventajas en suelos ácidos, principalmente una mayor disponibilidad debido a su lenta solubilidad en condiciones ácidas. Trabajos por Gichuru y Sánchez en 1988, citados por Gordon (1989), demostraron que la RF "Sechura", aplicada al voleo, funcionó igual que SFT en un suelo de pH 4.5 para la producción de arroz y Vigna. Otra ventaja es que la RF es de 50 a 70% más barata que otras fuentes tradicionales de P.

Savant y Racz (1972), citados por Gordón (1989), informaron sobre los productos intermedios, los cuales pueden estar disponibles a través del tiempo. Entre estos productos intermedios se mencionan el fosfato dicalcico dihidratado (FDD), el cual fue reportado en suelos que tenían una relación de calcio y magnesio soluble en agua de 1.5 o mayor.

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto residual de la aplicación de distintas fuentes y dosis de fósforo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Se evaluaron 3 distintas fuentes de P, la roca fosfórica (RF), fórmulas (FOR) accesibles en la región (Cuadro 1), y super fosfato triple (SFT) para su efecto

residual. Estas evaluaciones se hicieron a 2 diferentes dosis (30 Y 60 kg P/ha) y bajo 2 métodos de aplicación (voleo o localizado). Adicionalmente, se evaluó el efecto sobre la residualidad de P la aplicación conjunta del P con yeso ( $\text{CaSO}_4$ ).

## MATERIALES Y METODOS

En 1989, se realizaron 17 experimentos a través de diferentes localidades de Centro América para evaluar la respuesta a distintas dosis de P. En función de los resultados, se seleccionaron 7 localidades que tuvieron respuesta positiva al P para estudiar la residualidad de P y S en el segundo ciclo de cultivo. Las localidades evaluadas fueron: Metalío-Guaymango y Sacacoyo (El Salvador); Cuyuta, Jutiapa y Zacapa (Guatemala); La Honda y Parita (Panamá). Características descriptivas para cada localidad se muestran en el Cuadro 2. El diseño experimental fue bloques al azar con 3 repeticiones por localidad. El tamaño de las unidades experimentales fue de 4 surcos de 5 m de longitud. Las distancias entre surcos variaron por país lo cual resultó en densidad de siembra entre 45,000 y 65,000 plantas/ha. El control de malezas se efectuó en cada ensayo utilizando herbicidas pre-emergentes y control manual cuando fue necesario.

Se evaluaron las siguientes fuentes de P: (a) roca fosfórica (RF) (0-30.5-

0); (b) la fórmula común utilizada en cada país (FOR); y (c) superfosfato triple (SFT) (0-46-0). Las dosis evaluadas fueron de 30 y 60 kg de  $P_2O_5$ /ha. Se utilizaron dos métodos de aplicación del P, uno al voleo en forma superficial sobre la hilera de maíz (sin incorporación) al momento de la siembra y otro aplicado en banda incorporada (chuzo) también a la siembra. Como las cantidades de N variaban en las formulas utilizadas, el total de N que se aplicó como urea (46-0-0) fue ajustado para aplicar un total de 100 kg N/ha por parcela. Todo el N fue aplicado a chuzo y fraccionado, aplicando la mitad a la siembra y la otra mitad a los 30-35 días después de la siembra (DDS). En total se establecieron 12 tratamientos en forma factorial (3 fuentes X 2 dosis X 2 métodos = 12 tratamientos) y otros 7 tratamientos no factoriales para evaluar los siguientes efectos (Cuadro 3):

1. O P con 40 kg S /ha, aplicado al voleo.
2. 30 kg  $P_2O_5$ /ha como RF y SFT aplicados juntos en una banda con el N y 40 kg S/ha aplicado al voleo al momento de la siembra (2 tratamientos).
3. 30 kg  $P_2O_5$ /ha con las tres fuentes de fósforo (RF, FOR, SFT) aplicados juntos con el N, pero sin S (3 tratamientos).
4. Un testigo con la prác-

tica del agricultor.

Todo el S se aplicó en forma de yeso hidratado ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ).

Se tomaron los datos de rendimiento, número de plantas cosechadas, número de mazorcas, número de plantas acamadas y porcentaje de humedad del grano en los dos surcos centrales (parcela útil cosechada). Los datos obtenidos fueron analizados por localidad y comparaciones entre tratamientos se realizaron utilizando contrastes no ortogonales de 1 grado de libertad. El análisis de varianza combinado no se utilizó por la alta heterogeneidad de las varianzas en los diferentes ensayos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Respuesta al P

En los 7 ensayos seleccionados en 1989, se observó una respuesta positiva a la aplicación de P (en comparación con el testigo sin P), de  $0.45 \pm 0.18$ ,  $1.00 \pm 0.32$  y  $0.91 \pm 0.38$  ton/ha para RF, FOR, SFT, respectivamente (Figura 1). La RF fue menos eficaz como fuente de P que la fórmula o el SFT en el ciclo tratado. En 1990, las 7 localidades que recibieron P en 1989, mostraron un efecto residual de  $0.33 \pm 0.09$ ,  $0.30 \pm 0.15$  y  $0.38 \pm 0.12$  ton/ha, para RF, FOR, y SFT, respectivamente (Figura 2), en comparación con el testigo. La ventaja que muestra la FOR contra RF y SFT puede deberse a que las formulaciones que se utilizaron en los diferen-



tes países no eran idénticas. Aunque éstas no se analizaron químicamente, se sabe que existen posibles diferencias en cantidades de fosfato monocálcico (FMC) y sulfato de calcio en cada una, los cuales afectarían la disponibilidad de P en la solución del suelo, y pudieran explicar la superioridad de la FOR en comparación con SFT o RF.

### Respuesta a los niveles

La fórmula y el SFT mostraron una mayor respuesta a niveles de P que la RF en comparación con el testigo (0 P) a través de las 7 localidades durante el ciclo evaluado (Figura 3). De todas las fuentes, la fórmula mostró la mayor respuesta a dosis de 60 kg P/ha con 1.17 ton/ha de grano de maíz para el primer ciclo de cultivo, y en comparación, la RF mostró diferencias pequeñas en el rendimiento de maíz a niveles de 30 y 60 kg P/ha. Para el ciclo residual, la RF a dosis de 60 kg P/ha presentó una respuesta de 0.41 ton/ha en comparación con el testigo (Figura 3), el doble que a dosis de 30 kg P/ha. Estos datos eran de esperar, ya que la RF tiene en sí poca solubilidad y la disponibilidad del P se mantiene a más largo plazo. Sin embargo, SFT a dosis de 30 kg P/ha muestra una mayor residualidad que a dosis de 60 kg P/ha, lo que muestra el error experimental de datos. La fórmula muestra tener residualidad similar para ambas dosis. En términos del efecto acumulativo a través del ciclo tratado y el ciclo residual, se observa

que la fórmula fue la más eficaz como fuente de P, seguida por SFT, y la RF fue la menos eficaz (Figura 3).

La residualidad de la RF puede estar relacionada con el uso de labranza de conservación en 5 de las 7 localidades en estudio, en donde la reactividad de la RF, el pH y capacidad de retención de P del suelo afectan la respuesta a aplicaciones de esta fuente, Chien *et al.* (1987). La ausencia de diferencias residuales entre distintas fuentes y niveles de P, aún no se entiende bien, pero se requiere de mayor estudio e interpretación en función de las características químicas y composición de las fuentes utilizadas. La interpretación preliminar sugiere que la fijación de P en estos suelos puede ser suficientemente alta como para negar efectos residuales significativos de un año al otro.

### Respuesta en función costo económico

Se utilizó una metodología para expresar las diferencias en rendimiento entre los tratamientos de interés versus el testigo (restando la media del testigo de la media del tratamiento bajo estudio) y graficarlos contra la media ambiental (el promedio en rendimiento de todos los tratamientos). Para el ciclo tratado, en el caso de la RF a dosis de 30 kg P/ha, en 3 de los 6 ensayos se produce una ganancia en rendimiento por encima del costo del fertilizante; para 60 kg P/ha solo dos de los 6

están por encima del costo (Figura 4). Para la fórmula a 30 kg P/ha, 5 de 6 están por encima del costo, y a dosis de 60 kg P/ha, 4 de 6 (Figura 5); y para SFT, los mismos datos son 3 de 6 y 3 de 6, respectivamente (Figura 6). Esto sugiere que la fórmula es la mejor fuente, ya que en la mayoría de los casos produce una ganancia en rendimiento superior al costo del fertilizante. Los datos también sugieren que dosis de 30 kg P/ha son más rentables que dosis de 60 kg P/ha, ya que producen ganancia en una mayoría de los casos.

#### **Respuesta a método de aplicación**

Las comparaciones del método de aplicación (P y S aplicados juntos en forma localizada (chuzo) en comparación a P localizado y S al voleo), demostraron una posible ventaja para chuzo-chuzo en el ciclo residual, en solo 4 localidades evaluadas, estos incrementos de rendimiento (+0.28 y +0.38 ton/ha en 1989 y 1990, respectivamente), parecen estar asociados con un pH de suelo en el rango de 5.4 a 5.9, con niveles de materia orgánica menor del 3%. Las razones químicas por este efecto no se entienden muy bien, aún existe la posibilidad de que los suelos con niveles de materia orgánica más bajos son los más meteorizados y los que tendrían más hidróxidos de Fe y Al, los cuales fijan al P, estas diferencias se marcan mejor con la aplicación de SFT.

#### **Respuesta al S.**

La aplicación del yeso junto con el P en forma localizada, mostró incrementos significativos en el rendimiento del maíz en algunas localidades en donde había respuesta al P, debido posiblemente a una interacción sinérgica entre P y S. Trabajos de Blair y Lefroy (1987), indicaron que la deficiencia de P y S se pueden encontrar en suelos derivados de ceniza volcánica dado que la presencia de alofano puede inmovilizar fuentes orgánicas de P y S. La aplicación conjunta del yeso con el SFT, en especial en suelos donde se ha verificado la fijación de P por hidróxidos de Fe o Al, así como alofano, ha mostrado efectos positivos en la residualidad de ambos elementos. Este es el caso de la localidad de Cuyuta, Guatemala, la cual presenta valores de diferencia en rendimiento de 1.16 y 0.51 ton/ha, en el ciclo tratado y residual respectivamente, para tratamientos de P en conjunto con yeso. Resultados similares se reportan en otro estudio en Cuyuta, donde la aplicación de niveles de 100-22-57 kg/ha de N-P-S, utilizando fuentes de Urea 46%, SFT y sulfato de calcio, presentó rendimientos de 6.38 y 5.53 ton/ha para los ciclos tratados y residual comparado con el testigo (0-0-0) que presentó 3.32 y 3.95 ton/ha, Raun *et al.* (1989).

Un posible mecanismo que explique el efecto aditivo de aplicar yeso ( $\text{CaSO}_4$ ) en con-

junto con P es la disociación lenta en ambos que puede favorecer en la formación de FD (fosfato dicálcico) y FDD (fosfato dicálcico dihidratado) debido al aporte de Ca a la solución del suelo. A pH ácido, los precipitados de FD y FDD se esperaría que fuesen lentamente solubles y de esta manera se reduciría la cantidad de P que puede estar en contacto y por tanto reaccionar con óxidos e hidróxidos de Fe y Al y/o alófono y precipitarse irreversiblemente.

### CONCLUSIONES

El promedio de rendimiento de maíz con FOR y SFT en el ciclo tratado, superó a la RF en 122 y 102%. En contraste, para el ciclo residual, sólo el SFT supera a la RF en 15%.

La RF a 60 kg/ha, presenta un efecto residual de 0.41 ton/ha, comparable con las otras fuentes de fósforo que producen un efecto entre un rango de 0.27 y 0.46 ton/ha.

La SFT y FOR muestran una mayor respuesta a dosis de P, y la RF muestra muy poca respuesta.

El efecto residual promedio en las diferentes fuentes de P fue de 0.30 ton/ha.

Se observó una respuesta mínima, pero positiva al método de aplicación del P y S al chuzo, en especial para la fuente SFT (0.36 ton/ha).

La aplicación del S como yeso en conjunto con P, ha mostrado efectos positivos en algunas localidades (Ej. Cuyuta, Guatemala), mostrándose en algunos casos incrementos hasta de 1 y 0.5 ton/ha en el ciclo tratado y residual, respectivamente.

### BIBLIOGRAFIA

BLAIR, G. J., Y LEFROY R.D. Sulphur cycling in tropical soils and the agronomic impact of increasing use of S free fertilizers, increased crop production and burning of crop residues. In: Proceeding of the symposium on fertilizer sulphur requirements and source in developing countries of Asia and the Pacific. The Sulphur Institute, Washington. D.C.

GORDON, R., RAUN, W Y BARRETO, H.J. 1989. Evaluación de fuentes y métodos de aplicación de fósforo en el cultivo de maíz en 17 localidades de Centro América. Programa Regional de Maíz para Centro América y el Caribe. Documento de trabajo, CIMMYT.

ISHIZUKA, Y. AND BLACK, C.A. 1977. Soil derived from volcanic ash in Japan. Centro Internacional de mejoramiento de Maíz y Trigo. Apdo. Postal 6-641, México. D.F. 06600.

SANCHEZ, P.A. 1981. Suelos del Trópico, características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (IICA), San José, Costa Rica.

**SCHMOOCK, W. 1989.** ,  
Perfil del maíz, Costa Rica,  
Guatemala, Honduras, Nicara-  
gua, Panamá. Sus implica-  
ciones en el establecimiento  
de prioridades de investi-  
gación. CIMMYT, Guatemala.

CUADRO 1. CODIGOS PARA LAS LOCALIDADES DONDE SE OBTUVIERON DATOS PARA LOS ENSAYOS RESIDUALES Y FÓRMULA FERTILIZANTE

CODIGO	PAIS	CIUDAD	FORMULA UTILIZADA NPK
MG1	EL SALVADOR	METALIO-GUAYMANGO	16-20-0
MG2	EL SALVADOR	SACACOYO	16-20-0
GW	GUATEMALA	CUYUTA	20-20-0
GCU	GUATEMALA	JUTIAPA	20-20-0
GZA	GUATEMALA	ZACAPA	20-20-0
PLH	PANAMA	LA HONDA	15-30-8
PPA	PANAMA	PANTA	15-30-8

CUADRO 2. CARACTERISTICAS DE LAS LOCALIDADES EN EVALUACION

LOCALIDAD	PH	%MO	Pppm	LAB.	%PEND.
MG1	4.8	3.9	5.96	0	35
MG2	5.1	0.7	2.50	0	12
PLH	7.8	2.2	36.70	0	
PPA	6.5	2.7	5.00	0	
GZA	7.1		4.00	0	0
GCU	5.9	4.1	5.90	CONV	0
GJU	5.9		15.00	0	5

CUADRO 3. TRATAMIENTOS EN EVALUACION

No. TRATAMIENTO	FUENTE P	DOSIS P Kg/ha	METODO APLICACION
1,2,3,4	RF	30,30,60,60	V+V, C+C, V+V, C+V
5,6,7,8	FOR	30,30,60,60	V+V, C+C, V+V, C+V
9,10,11,12	SFT	30,30,60,60	V+V, C+C, V+V, C+V
13	Testigo	0	
14,17	RF	30	
15,16	SFT	30	C+V, C+OS
18	FOR	30	C+OS
19	Testigo Agricultor		

CUADRO 4. RENDIMIENTO DE GRANO DE MAIZ (15% HUMEDAD), ton/ha.

FUENTE	DOSIS P	TRT No.	METODO	EL SALVADOR				GUATEMALA						PANAMA				PROMEDIO TRATA- MIENTO
				MET-GUAYM 1		MET-GUAYM 2		CUYUTA		ZACAPA		JUTIAPA		PARITA		LA HONDA		
				89	90	89	90	89	90	89	90	89	90	89	90	89	90	
RF	30	1	PV+SV	5.03	3.17	2.36	4.76	2.87	2.77	1.01	4.82	1.59	5.31	6.40	5.08	5.37	3.89	
RF	30	2	PC+SC	5.35	2.99	1.75	5.75	2.91	2.62	1.05	4.76	1.17	4.01	5.10	4.88	5.86	3.71	
RF	60	3	PV+SV	5.51	3.47	2.41	5.44	2.78	2.94	1.45	4.57	2.32	4.83	6.05	5.05	6.19	4.08	
RF	60	4	PC+SC	5.19	4.03	1.97	4.82	2.50	2.58	0.87	4.77	1.27	5.46	5.73	4.45	5.78	3.80	
FOR	30	5	PV+SV	5.23	3.23	2.80	5.34	2.62	3.74	1.22	4.71	1.41	5.70	5.86	5.18	5.58	4.05	
FOR	30	6	PC+SC	5.40	3.09	2.00	5.94	2.72	3.57	1.06	5.39	1.54	5.02	5.51	4.76	5.54	3.96	
FOR	60	7	PV+SV	5.42	3.48	2.51	5.24	2.57	4.65	1.15	4.72	2.07	6.28	6.81	5.71	6.10	4.36	
FOR	60	8	PC+SC	5.21	3.24	2.31	6.85	2.50	5.13	1.26	5.30	1.14	5.05	5.39	4.49	4.85	4.06	
SFT	30	9	PV+SV	5.36	3.00	2.30	4.44	2.93	3.10	1.37	4.85	2.26	5.06	5.61	4.75	4.84	3.83	
SFT	30	10	PC+SC	4.99	3.32	2.29	5.55	3.11	4.72	0.73	5.47	2.30	5.64	6.00	4.70	5.50	4.18	
SFT	60	11	PV+SV	5.38	2.73	2.17	4.46	2.64	4.31	1.44	5.02	2.23	6.44	6.24	5.60	5.79	4.19	
SFT	60	12	PC+SC	4.86	3.55	1.67	6.13	2.68	4.74	1.16	5.25	2.10	6.24	5.74	4.83	5.99	4.23	
TESTIGO	0	13	SV	5.05	3.26	1.44	4.84	2.53	2.26	0.65	4.49	1.61	3.62	5.27	4.76	5.52	3.48	
RF	30	14	PC+SV	4.96	3.29	1.74	5.16	2.79	2.38	0.89	4.55	1.57	4.44	5.17	4.34	5.17	3.57	
SFT	30	15	PC+SV	6.20	3.45	1.75	4.76	2.71	4.32	1.59	5.24	1.31	5.81	6.42	5.11	5.90	4.20	
SFT	30	16	PC No S	5.43	3.63	2.45	4.39	2.60	4.64	1.58	5.41	1.26	6.18	6.74	4.26	4.85	4.11	
RF	30	17	PC No S	4.79	3.21	2.65	5.63	2.82	3.49	1.63	5.05	1.24	4.75	4.99	5.63	5.74	3.97	
FOR	30	18	PC No S	5.54	2.65	1.77	5.64	2.69	4.42	1.19	5.00	1.44	5.38	5.92	4.91	5.27	3.99	
T.AGRIC.		19		4.52	3.00	2.54	4.22	3.92	4.55	1.06	4.97	1.58	6.15	6.37	5.43	6.48	4.21	
PROMEDIO/LOCALIDAD				5.23	3.25	2.15	5.23	2.78	3.73	1.18	4.97	1.65	5.33	5.86	4.94	5.60	3.99	

CUADRO 5. COMPARACIONES INDIVIDUALES ENTRE TRATAMIENTOS

	EL SALVADOR				GUATEMALA				PANAMA					
	NET-GUAYM 1		NET-GUAYM 2		CUYUTA		ZACAPA		JUTIAPA		PARITA		LA HONDA	
	89	90	89	90	89	90	89	90	89	90	89	90	89	90
Cooperación Roca Fosfática														
RF 30 vs OP con S sobre métodos	0.14	-0.18	0.62	0.41	0.36	0.44	0.38	0.30	-0.24	1.04	0.49	0.22	0.10	0.43
RF 60 vs 30P con S sobre métodos	0.16	0.67	0.14	-0.12	-0.25	0.06	0.13	-0.12	0.42	0.49	0.14	-0.23	0.37	0.04
RF 60 vs OP con S sobre métodos	0.30	0.49	0.76	0.29	0.11	0.50	0.52	0.18	0.19	1.53	0.53	-0.01	0.47	0.47
RF 30 P y S vs 30P no S sobre métodos	0.40	-0.13	-0.59	-0.37	0.07	-0.80	-0.60	-0.25	0.13	-0.09	0.77	-0.65	-0.13	-0.29
RF 30 PC 50 vs 30 PC SV	0.39	-0.30	0.01	0.59	0.12	0.25	0.15	0.20	-0.41	-0.43	-0.07	0.54	0.69	0.26
Chuzo sobre voleo sobre dosis	0.06	0.43	-0.20	0.03	-0.19	-0.10	-0.07	-0.03	-0.16	0.08	-0.33	-0.32	0.21	-0.04
Fabraia														
FOR 30 vs OP	0.27	-0.10	0.97	0.80	0.14	1.40	0.49	0.56	-0.14	1.74	0.42	0.21	0.04	0.63
FOR 60 vs 30P	0.00	0.20	0.01	0.41	-0.13	1.23	0.05	-0.04	0.14	0.31	0.42	0.13	-0.09	0.34
FOR 60 vs OP	0.27	0.10	0.98	1.20	0.00	2.63	0.55	0.52	0.00	2.05	0.84	0.34	-0.05	1.17
FOR 30 PC y S vs 30 no S	-0.22	0.51	0.64	-0.01	-0.02	-0.76	-0.04	0.05	0.03	-0.03	-0.23	0.06	0.29	-0.15
Chuzo vs voleo sobre dosis	-0.02	-0.19	-0.50	1.11	0.01	0.15	-0.03	0.63	-0.40	-0.96	-0.89	-0.92	-0.65	0.02
Super Fosfato Triple														
SFT 30 CV vs OP	0.31	-0.25	0.86	-0.40	0.39	0.84	0.72	0.36	0.64	1.44	0.35	-0.01	-0.68	0.42
SFT 30 CC vs OP	-0.04	0.06	0.86	0.71	0.57	2.45	0.08	0.98	0.69	2.02	0.73	-0.06	-0.02	1.01
SFT 60 vs 30P PV	0.02	-0.27	-0.13	0.02	-0.28	1.21	0.07	0.17	-0.02	1.38	0.63	0.85	0.95	0.61
SFT 60 vs 30P PC	-0.13	0.23	-0.62	0.58	-0.42	0.02	0.43	-0.21	-0.20	0.61	-0.26	0.13	0.50	0.16
SFT 30 vs OP sobre métodos	0.12	-0.10	0.66	0.16	0.48	1.65	0.40	0.67	0.67	1.73	0.54	-0.04	-0.35	0.72
SFT 60 vs OP sobre métodos	0.07	-0.12	0.48	0.46	0.13	2.26	0.65	0.65	0.56	2.72	0.72	0.45	0.37	1.10
SFT 30 PC 50 vs 30P no S	-0.44	-0.31	-0.16	1.16	0.51	0.08	-0.65	0.05	1.04	-0.54	-0.74	0.44	0.65	0.13
SFT 30 PC 50 vs 30PC SV	-1.22	-0.13	0.54	0.80	0.39	0.40	-0.86	0.23	0.99	-0.18	-0.42	-0.41	-0.40	-0.05
Chuzo vs voleo sobre dosis	-0.44	0.57	-0.25	1.39	0.11	1.02	-0.46	0.42	-0.04	0.19	-0.05	-0.41	0.43	0.36

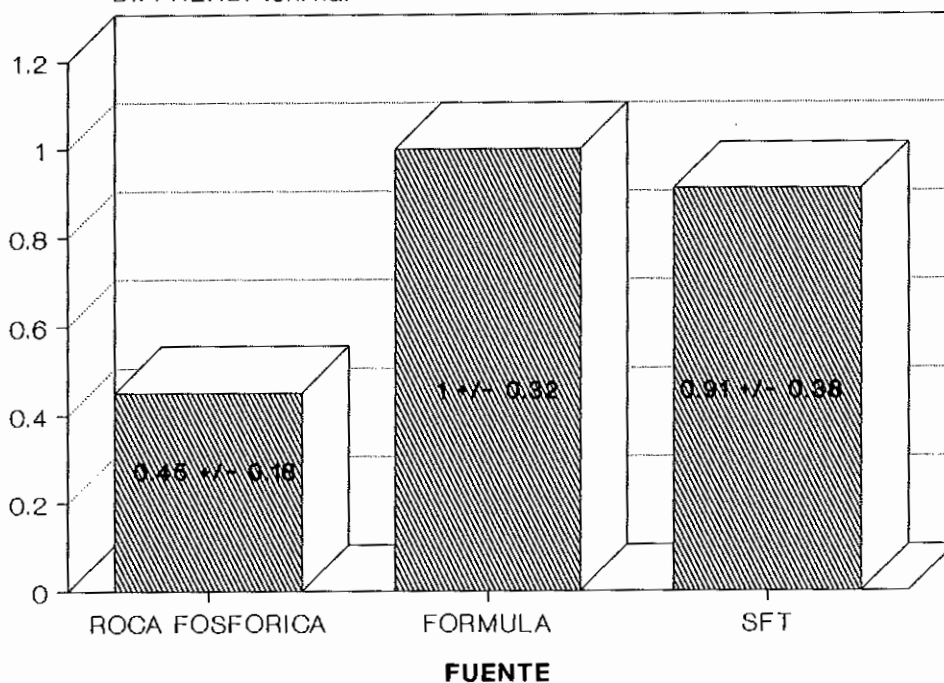
CUADRO 6. RESIDUALIDAD DEL P EN FUNCION DEL TESTIGO SIN APLICACION DE P

FUENTE	DCSIS P	METODO	EL SALVADOR				GUATEMALA						PANAMA			
			MET-GUAYM 1		MET-GUAYM 2		CUYUTA		ZACAPA		JUKIAPA		PARITA		LA HONDA	
			89	90	89	90	89	90	89	90	89	90	89	90	89	90
RF	13.10	PV+SV	-0.02	-0.09	0.93	-0.08	0.34	0.51	0.36	0.33	-0.02	1.70	1.14	0.32	-0.15	
RF	13.10	PC+SC	0.30	-0.27	0.31	0.91	0.38	0.37	0.40	0.27	-0.45	0.39	-0.16	0.12	0.34	
RF	26.20	PV+SV	0.46	0.21	0.98	0.60	0.25	0.68	0.81	0.08	0.71	1.22	0.79	0.29	0.67	
RF	26.20	PC+SC	0.13	0.77	0.53	-0.02	-0.04	0.32	0.22	0.28	-0.34	1.85	0.47	-0.31	0.26	
FDR	13.10	PV+SV	0.18	-0.03	1.37	0.50	0.09	1.49	0.57	0.22	-0.21	2.08	0.60	0.42	0.07	
FDR	13.10	PC+SC	0.35	-0.17	0.57	1.09	0.18	1.31	0.42	0.90	-0.07	1.40	0.25	0.00	0.02	
FDR	26.20	PV+SV	0.37	0.22	1.07	0.40	0.04	2.39	0.50	0.23	0.46	2.66	1.55	0.95	0.58	
FDR	26.20	PC+SC	0.16	-0.02	0.86	2.01	-0.03	2.87	0.61	0.81	-0.47	1.43	0.13	-0.27	-0.67	
SFT	13.10	PV+SV	0.31	-0.26	0.86	-0.40	0.39	0.84	0.72	0.36	0.64	1.44	0.35	-0.01	-0.68	
SFT	13.10	PC+SC	-0.06	0.06	0.86	0.71	0.57	2.46	0.08	0.98	0.69	2.02	0.73	-0.06	-0.02	
SFT	26.20	PV+SV	0.33	-0.53	0.73	-0.38	0.11	2.05	0.79	0.53	0.62	2.82	0.97	0.84	0.27	
SFT	26.20	PC+SC	-0.19	0.29	0.24	1.29	0.15	2.48	0.51	0.76	0.49	2.63	0.48	0.07	0.48	
TESTIGO	0.00	SV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
RF	13.10	PC+SV	-0.09	0.03	0.30	0.31	0.26	0.12	0.24	0.06	-0.04	0.82	-0.09	-0.42	-0.34	
SFT	13.10	PC+SV	1.15	0.19	0.32	-0.08	0.18	2.06	0.94	0.75	-0.30	2.20	1.15	0.35	0.38	
SFT	13.10	PC No S	0.38	0.37	1.02	-0.45	0.06	2.38	0.93	0.92	-0.35	2.56	1.48	-0.50	-0.67	
RF	13.10	PC No S	-0.26	-0.05	1.21	0.79	0.29	1.24	0.98	0.56	-0.37	1.13	-0.28	0.87	0.23	
FDR	13.10	PC No S	0.49	-0.61	0.33	0.80	0.16	2.16	0.54	0.51	-0.17	1.77	0.65	0.15	-0.25	
T.ABRIC			-0.53	-0.26	1.10	-0.62	1.39	2.30	0.41	0.48	-0.03	2.54	1.11	0.67	0.96	
PROMEDIO			0.18	-0.01	0.72	0.39	0.25	1.48	0.53	0.48	0.04	1.72	0.59	0.18	0.06	



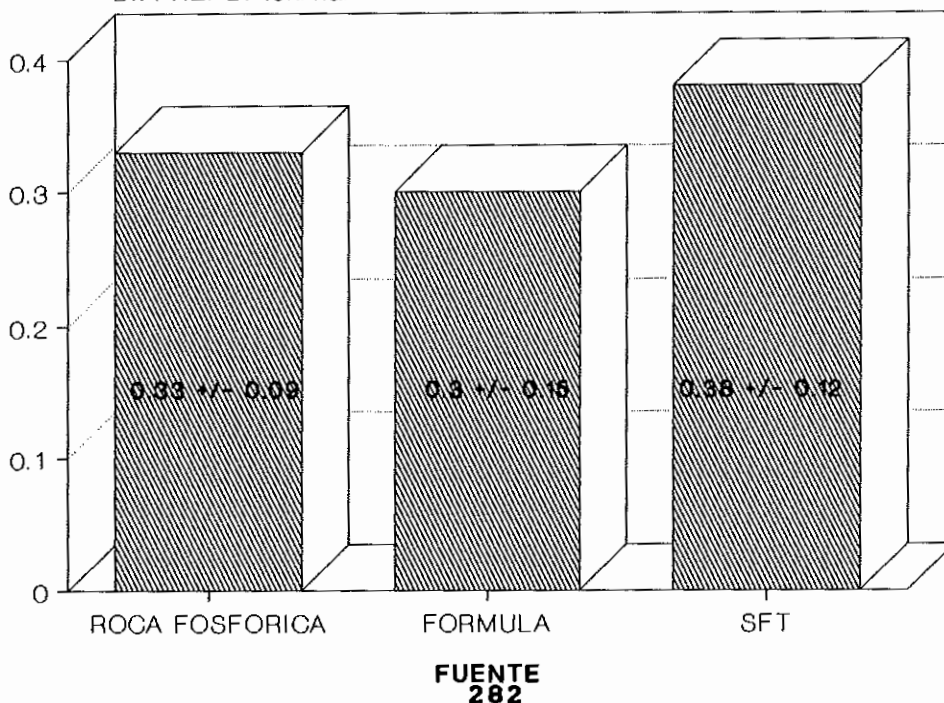
**FIGURA 1. EFECTO PROMEDIO DEL P SOBRE EL TESTIGO POR FUENTE.**

DIF. REND. ton/ha.

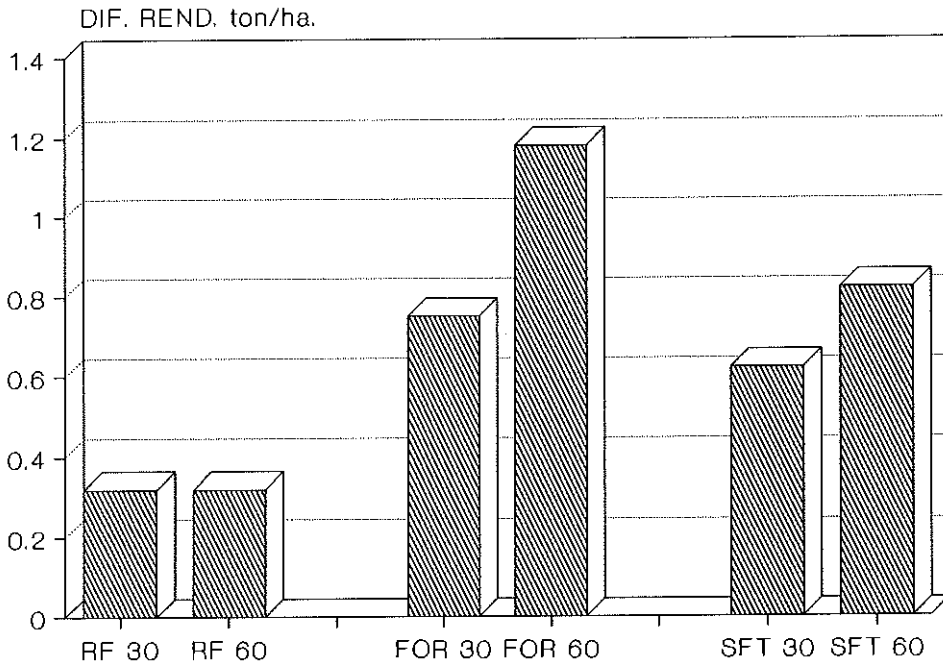


**FIGURA 2. EFECTO PROMEDIO RESIDUAL DEL P SOBRE EL TESTIGO POR FUENTE.**

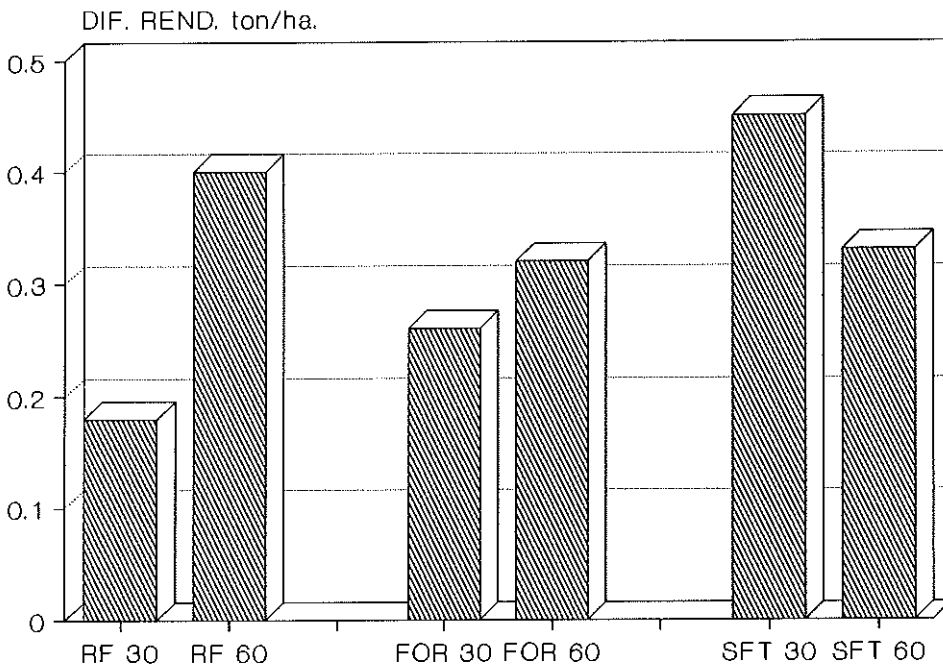
DIF. REND. ton/ha.



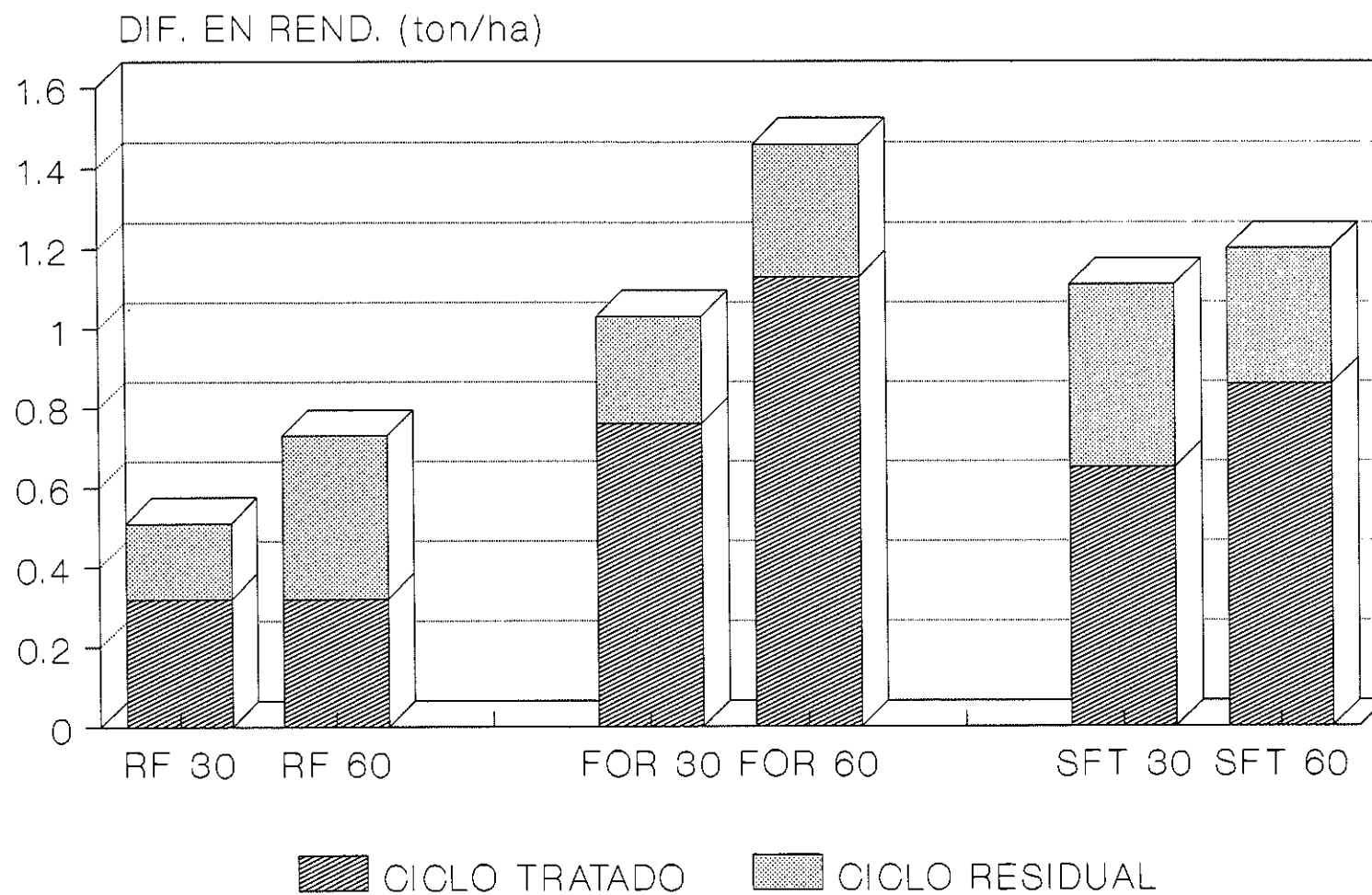
**FIGURA 3. GANANCIA EN REND. SOBRE EL TESTIGO (O) POR FUENTES Y DOSIS A TRAVES DE METODOS. CICLO 89.**



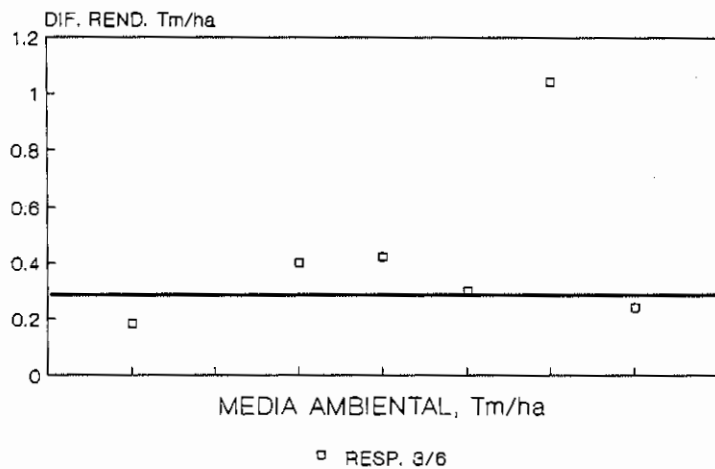
**FIGURA 4. GANANCIA EN REND. SOBRE EL TESTIGO (O). FUENTES Y DOSIS A TRAVES DE METODOS. CICLO RESIDUAL.**



**FIGURA 5. GANANCIA EN REND. SOBRE EL TESTIGO (0). FUENTES Y DOSIS A TRAVES DE METODOS.**

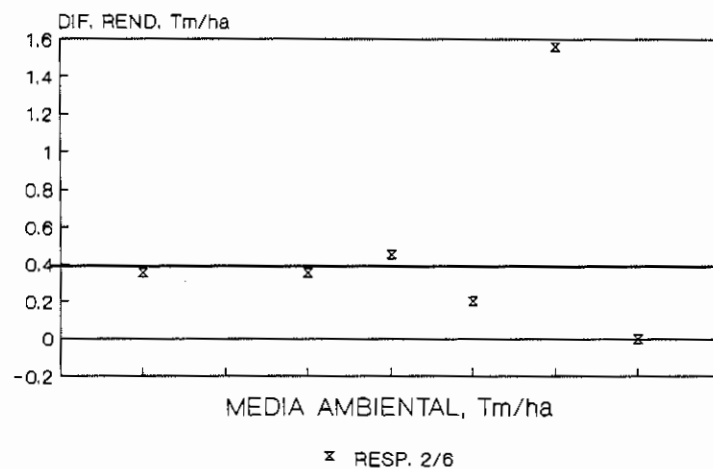


ENSAYO RESIDUAL P Y S  
----- \$ P,30 RF



PS7

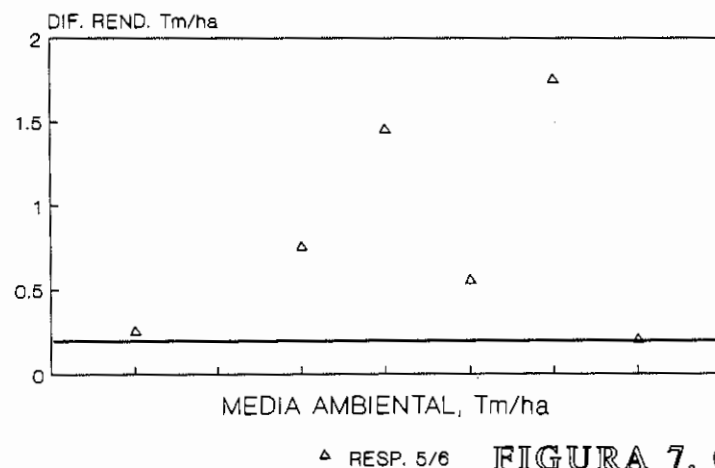
ENSAYO RESIDUAL P Y S  
----- \$ P,60 RF



PS8

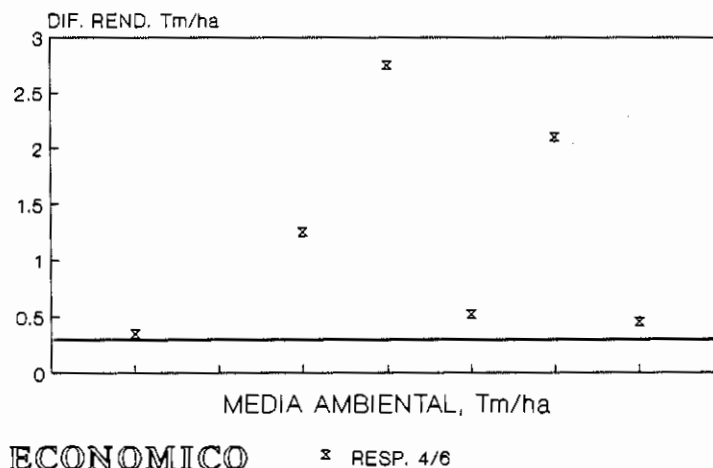
FIGURA 6. COSTO ECONOMICO

ENSAYO RESIDUAL P Y S  
----- \$ P,30 FOR



PS9

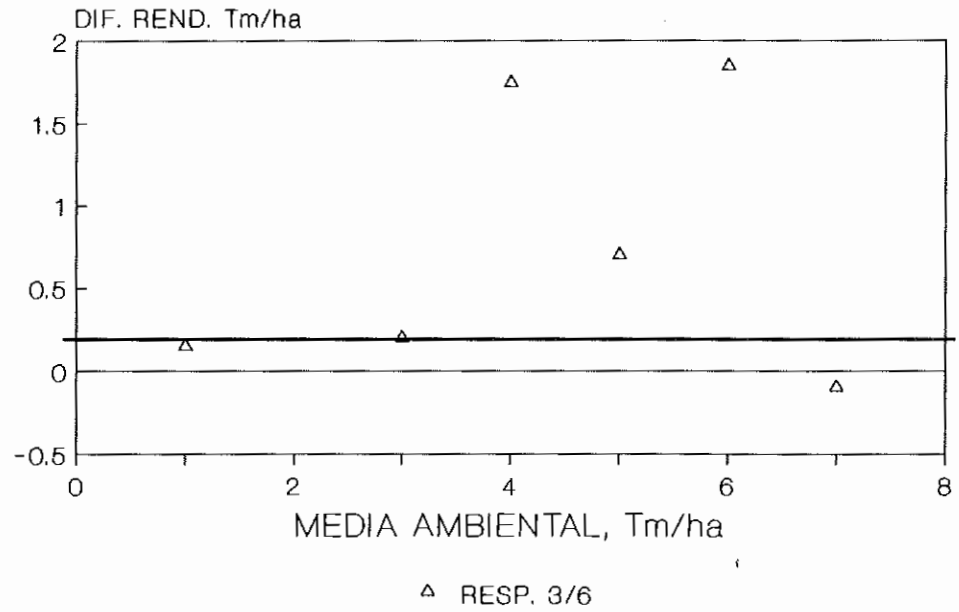
ENSAYO RESIDUAL P Y S  
----- \$ P,60 FOR



PS10

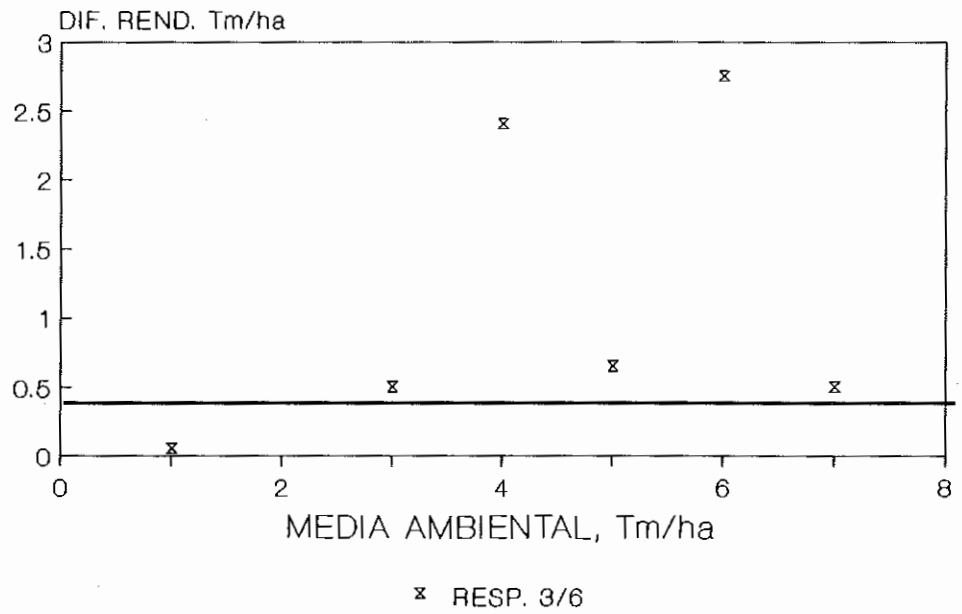
FIGURA 7. COSTO ECONOMICO

ENSAYO RESIDUAL P Y S  
----- \$ P,30 SFT



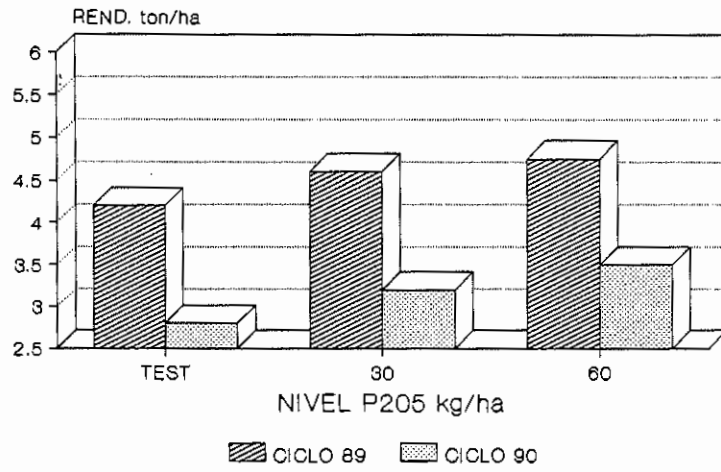
PS11

ENSAYO RESIDUAL P Y S  
----- \$ P,60 SFT



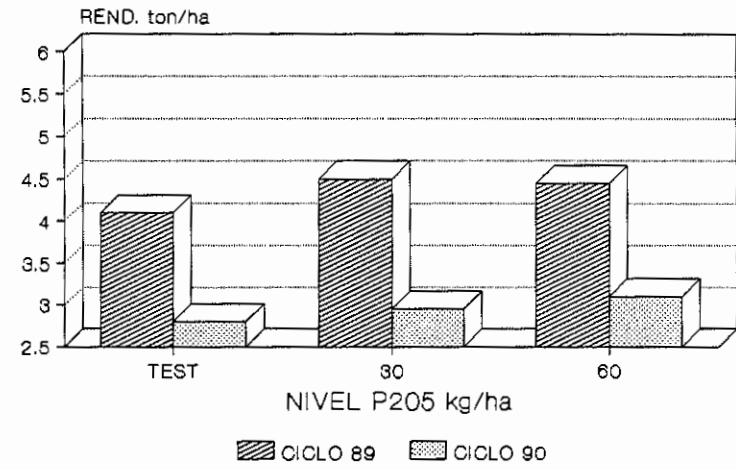
PS12

**METODOS DE APLICACION  
ROCA FOSFORICA VOLEO**



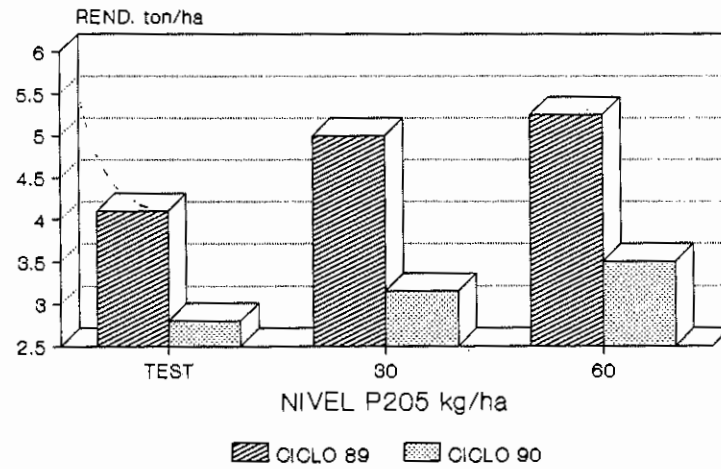
PS15

**METODOS DE APLICACION  
ROCA FOSFORICA CHUZO**



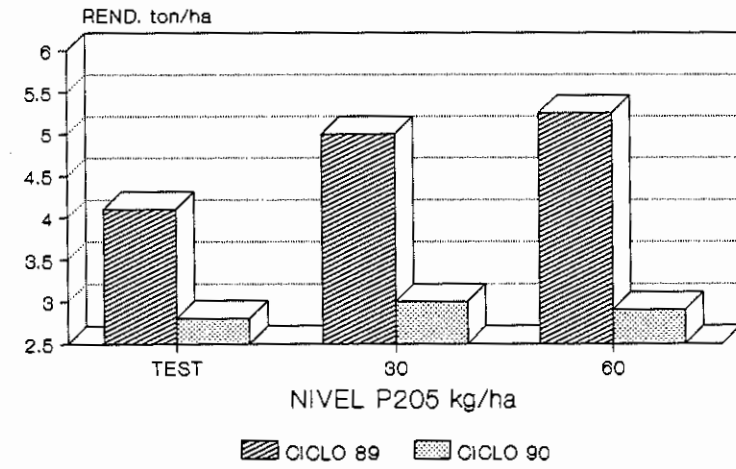
PS16

**METODOS DE APLICACION  
FORMULA VOLEO**



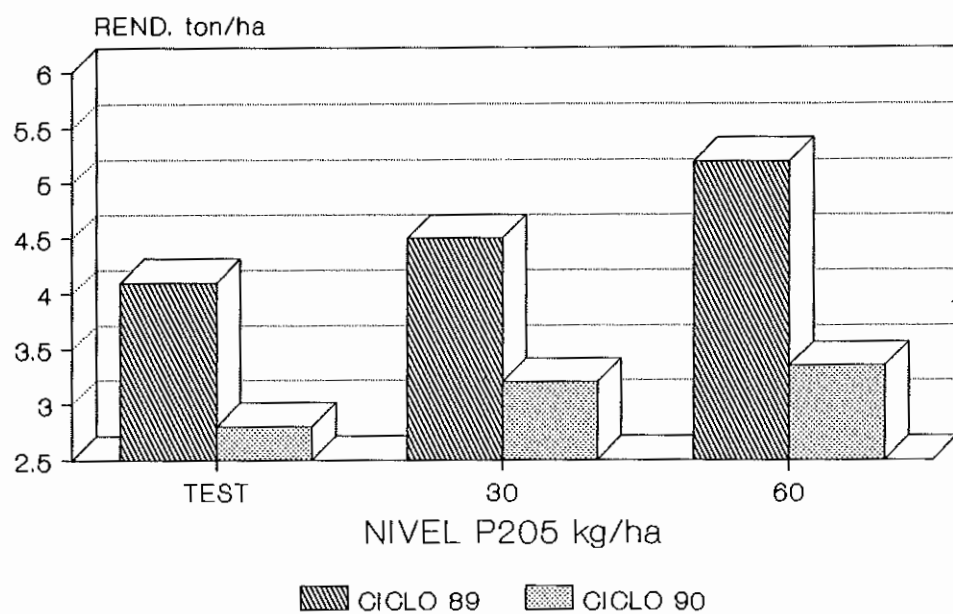
PS17

**METODOS DE APLICACION  
FORMULA CHUZO**



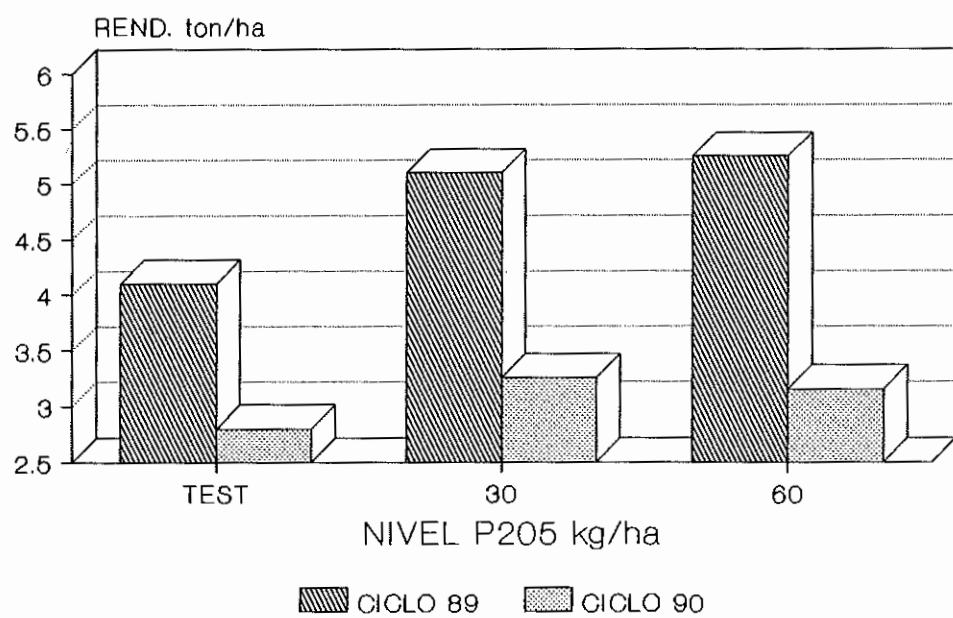
PS18

### METODOS DE APLICACION SFT VOLEO



PS19

### METODOS DE APLICACION SFT CHUZO



PS20

**EVALUACION DE FUENTES Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO Y  
RESPUESTA AL AZUFRE EN EL MAIZ, EN CUATRO LOCALIDADES  
DE LA REGION DE AZUERO, PANAMA, 1990**

**R. Gordón <sup>1</sup>; N. De Gracia <sup>2</sup>; A. González y  
J. Franco <sup>3</sup>; A. de Herrera <sup>4</sup>.**

**RESUMEN**

Cuatro ensayos exploratorios de maíz fueron realizados en 1990, en la Región de Azuero en Panamá (Las Comadres, Las Tablas, Parita y La Honda), para observar la respuesta al fósforo variando fuentes, métodos de aplicación y dosis. Además se evaluó la respuesta de la aplicación del azufre. El diseño experimental usado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos evaluados consistieron de tres fuentes de fósforo (roca fosfórica, super fosfato triple y fórmula), dos métodos de aplicación (chuzo y voleo) y tres dosis de aplicación de fósforo (30, 60 y 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). En total se evaluaron 14 tratamientos en donde se incluyeron otros, para evaluar el efecto de combinar el yeso con el fósforo juntos en una misma banda y la respuesta de la aplicación de azufre.

La respuesta cuadrática

de aplicar el P fue altamente significativa, observándose incrementos en el rendimiento de 0.5 a 1.0 ton/ha dependiendo de la localidad. La dosis económicamente más rentable fue cuando se usó super fosfato triple en dosis de 60 kg de P/ha (Tasa Marginal de Retorno de 272% respecto al nivel de 30 kg de P/ha). No hubo diferencias en rendimiento cuando se aplicó el yeso junto al fósforo con respecto a la aplicación de estos dos elementos por separado; sin embargo, esta última práctica implica mayores costos de producción. Hubo respuesta altamente significativa a la aplicación del azufre en el análisis combinado de tres localidades (Las Tablas, Parita y La Honda), incrementando los rendimientos 0.5 ton/ha en las parcelas que llevaban este elemento en comparación a las que no se les aplicó. El super fosfato triple superó a la roca fosfórica solamente cuando la

---

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo, MSc. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá.

<sup>2</sup> Ing. Agrónomo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá.

<sup>3</sup> Agrónomos.

<sup>4</sup> Lic. Economía. MSc. IDIAP, Centro Regional de Azuero.



dosis de fósforo fue de 60 kg/ha; sin embargo, la evaluación económica indica un mayor retorno por balboa invertido al utilizar la roca fosfórica a un nivel de 30 kg P/ha en comparación con el uso de super fosfato triple. La roca fosfórica a razón de 30 kg P/ha superó en rendimiento y rentabilidad a la utilización de la fórmula y a la práctica del agricultor.

### INTRODUCCION

Según estudios realizados en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), se ha podido determinar que la mayoría de los suelos en Panamá tienen niveles bajos de fósforo y se espera que den una respuesta positiva a la aplicación de este elemento, Name y Cordero (1987). De igual forma se tiene evidencias de la respuesta del cultivo de maíz a la aplicación del azufre en los suelos de la Región de Azuero. Gordon et al., (1989a), (1989b).

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la respuesta del cultivo a tres niveles de P (30, 60 y 90 kg/ha); evaluar la roca fosfórica (RF) como fuente alterna de P y comparar la eficiencia de su uso en comparación al super fosfato Triple (SFT) y una fórmula (FOR) (15-30-8); comparar el método de aplicación del fósforo (voleo vs chuzo); estimar el efecto de aplicar el fósforo junto con el yeso ( $\text{CaSO}_4$ ) en una misma banda; evaluar la respuesta del cultivo a la aplicación de

azufre y realizar un análisis económico para observar las ventajas de éstos métodos en comparación con la práctica del agricultor.

La RF presenta ciertas ventajas en suelos ácidos, principalmente una mayor disponibilidad debido a su solubilidad bajo condiciones ácidas. Trabajos por Gichuru y Sánchez (1988), demostraron que la roca fosfórica "Sechura" aplicada al voleo, funcionó igual al SFT en un suelo de pH 4.5, para la producción de arroz y vigna. La acidez del suelo es el factor principal que determina la disponibilidad del P a partir de la RF, ya que, a pH bajo se favorece la disolución del apatito, Joos y Black (1950). Otra ventaja que existe en algunas áreas es que el precio de la roca es de 50 a 70% más barata que otras fuentes importantes; con relación a la disponibilidad de roca fosfórica en el suelo, trabajos realizados por Chu et al. (1962), demostraron que la textura y la cantidad de hierro en los suelos afectaba la eficiencia del uso del P a partir de esta fuente.

El efecto de adsorción y fijación de fósforo depende de muchos factores. Así tenemos que Miller et al. (1970), demostraron que la disminución del pH en la rizósfera como resultado de la adsorción de  $\text{NH}_4^+$ , podría aumentar la relación de  $\text{H}_2\text{PO}_4/\text{HPO}_4^{2-}$ , y así incrementar la disponibilidad de fósforo en el suelo. Trabajos realizados por Savant y Racz

(1972), informan sobre los productos de reacción del fósforo, principalmente los productos intermedios, los cuales pueden estar disponibles a través del tiempo. Entre estos productos intermedios se mencionan el fosfato dicálcico dihidratado (FDD), el cual fue reportado en suelos que tenían una relación de calcio y magnesio soluble en agua de 1.5 o mayor Racz y Soper (1967). Trabajos realizados por Caceros *et al.* (1990) y Raun y Barreto (1990), demostraron los beneficios de aplicar el  $\text{CaSO}_4$  junto con el SFT en la disponibilidad tardía del P. La mayor disponibilidad del P de SFT al aplicarse junto con el yeso, se puede explicar en base a la precipitación del P como fosfato dicálcico dihidratado (FDD) y fosfato dicálcico (FD), productos de reacción del P fertilizante como consecuencia de la supersaturación con respecto al  $\text{Ca}^{+2}$ , Lindsay (1979).

#### MATERIALES Y METODOS

Se realizó un experimento en la Región de Azuero, República de Panamá de agosto a diciembre de 1990 (época lluviosa) en las localidades de Parita, Las Tablas, Las Comadres y La Honda. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de las unidades experimentales consistió de una parcela de cinco surcos de 5 m de largo.

La población de maíz fue de aproximadamente 53000

plantas/ha; ésto se consiguió con una distancia de siembra de 0.75 m entre hileras y 0.50 m entre golpes. En cada golpe se dejó dos plantas.

El cultivar utilizado fue el X-3214, el cual fue tratado con el insecticida furatiocarb a razón de 10 g i.a./kg semilla. El control de malezas se hizo con la mezcla de atrazina más pendimentalina en dosis de 2.0 + 2.0 l/ha, con posteriores limpiezas manuales, por escapes del control de algunas malezas. En la localidad de Las Tablas y Las Comadres se tuvo que aplicar Paraquat antes de la germinación del maíz, para el control de Cyperus rotundus. En las cuatro áreas se realizó una clasificación taxonómica del suelo y los cuatro resultaron ser del orden Alfisol suborden ustalf.

Las fuentes de fósforo evaluadas fueron la roca fosfórica (R.F) (0-30.5-0), la fórmula (FOR) (15-30-8) y el super fosfato triple (SFT) (0-46-0). Se evaluaron las dosis de 30, 60 y 90 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha y se utilizaron dos métodos de aplicación, uno al voleo en forma superficial sobre la hilera del maíz (no incorporada) al momento de la siembra. Además de estos tratamientos se evaluó la práctica del agricultor, así como tratamientos que no contenían fósforo y azufre, en total se evaluaron 14 tratamientos que no contenían fósforo y azufre, en total se evaluaron 14 tratamientos. La estructura de tratamientos se observa mejor en el Cuadro 1.

Todos los tratamientos llevaban 20 kg de S/ha en forma de yeso ( $\text{CaSO}_4$ ) siguiendo recomendaciones de los resultados encontrados por Gordon et al. (1989), a excepción de los tratamientos 9, 13 y 14. Se aplicó 120 kg N/ha un 50% al momento de la siembra y el resto a los 35 días después de la siembra (dds).

En las localidades de Parita, Las Comadres y Las Tablas la preparación del suelo consistió de un pase de arado y dos pases de rastra (labranza convencional). En La Honda se chapeó y quemó la maleza con el herbicida paraquat (labranza de conservación).

Se tomaron los datos de rendimiento, número de plantas cosechadas, número de mazorcas, altura de planta, número de plantas acamadas y porcentaje de humedad del grano a los dos surcos centrales (parcela efectiva), así como el contenido de P en los granos y el forraje. Se tomaron los registros de precipitación pluvial de las cuatro áreas (Figura 1). Los datos obtenidos fueron analizados por cada localidad y se realizó un análisis combinado. Además, se realizó un análisis de varianza por cada localidad y las medias se separaron utilizando el método de contrastes. El análisis del suelo por localidad se observa en el Cuadro 2.

Para la evaluación económica de las diferentes alternativas tecnológicas se

utilizó la técnica de presupuesto parcial y el análisis marginal, que relaciona los beneficios netos y los costos que varían asociados a cada tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del rendimiento de maíz en las cuatro localidades, pero la respuesta en Las Tablas, Parita y La Honda fue similar, por lo que, se procedió a realizar un análisis combinado de estas tres, dejando por fuera la localidad de Las Comadres. Para el análisis de los resultados se utilizó la población de plantas como una covariable y la misma resultó altamente significativa. Al ser ésta significativa, nos permite ajustar los datos y poder inferir con mayor precisión.

El análisis individual de las cuatro localidades se observa en el Cuadro 4. El mismo se presenta para demostrar la no significancia de los modelos independientes, ya que el análisis combinado nos lo explica mejor Cuadro 5.

La respuesta a la aplicación de fósforo fue altamente significativa, observándose incrementos de 0.5 hasta 1.0 ton/ha, dependiendo de la localidad. Estos resultados demuestran lo limitante de este elemento en los suelos de la Región de Azuero destinados al cultivo de maíz. Los resultados de este análisis nos demuestran

que tanto el efecto lineal como el efecto cuadrático fueron altamente significativos. Para realizar este análisis se tomaron los tratamientos T12, T4, T6, y T8 (con el SFT como fuente de P) que representan los niveles de 0, 30, 60 y 90 kg de  $P_2O_5$ /ha. Si observamos en la Figura 2 el nivel más alto (6.6333 ton/ha) se observa cuando se aplican 60 kg  $P_2O_5$ /ha y luego disminuye cuando se aplican 90 kg  $P_2O_5$ /ha (Cuadro 5). Cuando se analizan las dosis de P tomando como fuente la RF (tratamientos T12, T1, T2 y T3) se observó que el mayor rendimiento se obtiene con el nivel de 90 kg. Esto se pudo deber a que los niveles fluorapatito se va incrementando a medida que se aumentaba la dosis de RF, lo que pudo ser perjudicial a las plantas de maíz.

En relación a las fuentes de fósforo se encontró que el SFT (60 kg) no difirió de la FOR (T5 vs T11), pero si superó significativamente a la RF en este nivel (T5 vs T2), pero cuando se comparó estas mismas fuentes cuando el nivel fue de 30 kg (T4 vs T1) las diferencias no fueron significativas; entre la FOR y la RF no hubo diferencias. En relación a la RF, ésta no respondió lo que se esperaba, especialmente al nivel de 60 kg/ha, aún en los suelos evaluados, que son relativamente ácidos (pH entre 5.2 a 5.8), donde esta fuente tiene ventajas en su disolución, Graham (1955). Se esperaba que la acidez del suelo favorecería a la RF, especial-

mente cuando las aplicaciones son el voleo, pero cabe señalar que en este experimento ésta fuente no fue incorporada, lo cual pudo afectar su disponibilidad.

Los costos que varían en cada alternativa evaluada se presentan en el Cuadro 6, y los mismos fueron estimados en base a la estructura de tratamientos del Cuadro 1. La roca fosfórica usada como fuente de P, no está disponible en el mercado, por lo que se estimó el costo en base a los precios internacionales de Colombia (donde se produce roca internamente). Se calcularon también en base a los precios de Costa Rica (que importa la roca), lo que permitió hacer el análisis con dos precios alternativos. Los resultados del análisis económico marginal conjunto de tres localidades (Parita, Las Tablas y La Honda) se detallan en el Cuadro 7.

Una primera evaluación económica es la comparación de todos los tratamientos evaluados, lo que permite señalar lo siguiente. Con la aplicación de 30 kg/ha de R.F. (T1) se obtuvo el mayor retorno por cada balboa invertido o Tasa Marginal de Retorno (TMR) de 891% y 430% para precios de B/ 0.26 y B/ 0.60 por kg de R.F. respectivamente. Dados los costos más bajos de la roca fosfórica respecto al SFT, la aplicación de 60 kg de SFT/ha (con el cual se obtuvieron beneficios netos ligeramente superiores al T1), Cuadro 7.

Un segundo nivel de análisis es efectuar comparaciones parciales de costos que varían y beneficios netos entre tratamientos. Se encontró respuesta cuadrática altamente significativa a la aplicación de fósforo, utilizando SFT (T12, T4, T6 y T8) y desde el punto de vista económico es rentable la aplicación del mismo. La TMR de pasar del T12 al T4 (no aplicación de fósforo vs 30 kg de SFT/ha) fue de 166% en tanto que, la aplicación de 30 kg/ha respecto a la de 60 kg/ha representó un TMR de 272%. La dominada, es decir, aplicar menos niveles de fósforo implica mayores beneficios netos a menores costos. De esto se concluye que si la fuente de fósforo a utilizar es el SFT, la dosis de 60 kg/ha es la más rentable económicamente.

La aplicación del fósforo junto con el yeso en una misma banda no fue significativa. Sólo se pudo observar incrementos de 3000 kg/ha los cuales no son suficientes para encontrar diferencias. Sin embargo, la aplicación de los dos elementos por separado implica mayores costos de producción, respecto a la aplicación conjunta. Es de esperar que la posible respuesta residual, tal y como se ha observado en otras localidades de Centro América se manifieste en ciclos posteriores. Dado que el yeso es poco soluble, la disociación lenta puede favorecer la formación de los compuestos difosfato dicálcico dihidratado (FDD) y

difosfato dicálcico (FD) debido al continuo aporte de Ca a la solución del suelo. A pH bajo los precipitados de FDD y FD se esperarían que fuesen lentamente solubles y de esta manera se reduciría la cantidad de fósforo que puede estar en contacto con los óxidos e hidróxidos de Fe y Al.

En relación a la respuesta del azufre por parte del cultivo se encontró que la misma fue altamente significativa, encontrándose incrementos de 0.5 ton/ha. Este resultado confirma lo encontrado por Gordón *et al.* (1989), de las deficiencias de este elemento en la Región de Azuero. La evaluación económica indica que, la aplicación de 20 kg de azufre/ha es altamente rentable (TMR de 1 512% de pasar del T9 al T6), dados los bajos precios internacionales del yeso agrícola y al incremento significativo en los rendimientos y en los beneficios netos.

La práctica del agricultor, T14 (227 kg de fórmula completa 15-30-8 187 kg de urea) es una alternativa dominada por la aplicación de 30 kg/ha de roca fosfórica y de 60 kg/ha de super fosfato triple, tratamientos éstos que significaron mayores beneficios netos y menores costos variables respecto a la práctica del agricultor (Cuadro 7).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encontró una respuesta cuadrática significativa al aplicar el fósforo, con incrementos de 0.5 a 1.0 ton/ha.

La dosis de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha fue superior física y económicamente.

Se obtuvo una Tasa Marginal de Retorno de 272% con 60 kg de  $P_2O_5$  (SFT como fuente) sobre el nivel de 30 kg.

No hubo incrementos significativos al aplicar el fósforo junto con el yeso en una misma banda.

El SFT superó a la Roca, sólo cuando el nivel fue de 60 kg/ha.

Se obtuvo un mayor retorno por balboa invertido cuando se utilizó la roca a un nivel de 30 kg/ha en comparación del SFT y la práctica del agricultor.

Hubo una respuesta altamente significativa a la aplicación del azufre.

Se recomienda realizar un ciclo adicional el próximo año para evaluar el efecto residual de los métodos aplicados.

## BIBLIOGRAFIA

CACEROS, O. A.; P. GONZALEZ; I. HIDALGO; B. MOSCOSO Y W.R. RAUN. 1990. Ensayo exploratorio de métodos e

interacciones de elementos en la aplicación de fertilizantes en el cultivo de maíz. Agro. Meso. 1:7-13.

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT 79p.

CHU, C.R.; W.W. MOSCHELER Y G.W. THOMAS. 1962. Rock phosphate transformations in acid soils, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26:476-478.

GICHURU, M. y P. SANCHEZ. 1988. Phosphate rock fertilization in tilled and no till low input systems in the humid tropics. Agron. J. 80:943-947.

GORDON, R.; A. GONZALEZ, N. DE GRACIA Y W. RAUN. 1988a. Evaluación de dosis y métodos de aplicación de azufre en el cultivo de maíz en tres localidades de Azuero. En: Trabajos presentados de los Proyectos Colaborativos en Agronomía, Desarrollo y Mejoramiento de Germoplasma en Maíz (*Zea mays* L). pag 219-225.

GORDON, R.; N. DE GRACIA A. GONZALEZ Y W. RAUN. 1989b. Evaluación de fuentes y métodos de aplicación de fósforo en el cultivo de maíz en tres localidades de Azuero. En: Trabajos presentados de los Proyectos Colaborativos en Agronomía, Desarrollo y Mejoramiento de Germoplasma en Maíz (*Zea mays* L). pag 206-213.

- GRAHAM, E. R. 1955.**  
Avaluability of natural phosphorys accordin to energy changes. Soil sci. Soc. Amer. Proc. 19:26-29.
- JOSS, L.L. y C.A. BLACK. 1950.** The viability of rock phosphate as affected by particule size and contact with bentonite and soils of different pH values. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 15:69-75.
- LINDSAY, W. L. 1979.**  
Chemical equilibria in Soils. John Wiley & Sond, New York.
- MILLER, M. H.; C.P. MARMIL y G.J. BLAIR. 1970.**  
Ammonium effect on phosphorus absorpction through pH changes and phosphorus precipitation at the soil root interface. Agron. J. 62:524-527.
- NAME, B. y A. CORDERO. 1987.**  
Recomendación para la fertilización de suelos. Hojas Guías para el cultivo. En: Compendio de los Resultados de Investigación Presentados en la Jornada Científica. IDIAP Región Central. 22p.
- RACZ W.R. y J. SOPER. 1967.**  
Reaction products of orthophosphates in soils containing varying amounts of calcium and magnesium. Can. J. Soil Sci. 47:223-230.
- RAUN W.R. y H.J. BARRETO. 1990.**  
Maize yield response as affected by sulfur, phosphorus and nitrogen as bandes aplicaciones on a volcanic ash derived tropical soil. Submitted a Communications in Soil Science and Plant Analysis.
- SAVANT, N.K. y G.J. RACZ. 1973.**  
Reaction products of applied pyrophospates in some manitoba soils. Can. J. Soil Sci. 53:111-117.

CUADRO 1. ESTRUCTURA DE TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN LA EVALUACION DE LA REPUESTA DEL CULTIVO DE MAIZ A EL FOSFORO Y EL AZUFRE EN CUATRO LOCALIDADES DE AZUERO. PANAMA, 1990.

Trat	Fuente de Fósforo	Dosis	Método de Aplicación	
			P200	S como yobo
1.	RF	30	VOLEO	VOLEO
2.	RF	60	VOLEO	VOLEO
3.	RF	90	VOLEO	VOLEO
4.	SFT	30	CHUZO	CHUZO JUNTO AL P
5.	SFT	30	CHUZO	VOLEO
6.	SFT	60	CHUZO	CHUZO JUNTO AL P
7.	SFT	60	CHUZO	VOLEO
8.	SFT	90	CHUZO	CHUZO JUNTO AL P
9.	SFT	60	CHUZO	SIN AZUFRE
10.	SFT	60	VOLEO	VOLEO
11.	FDR	60	CHUZO	CHUZO JUNTO AL P
12.	TESTIGO	0	---	VOLEO
13.	TESTIGO	0	---	SIN AZUFRE
14.	TESTIGO DEL AGRICULTOR	68	CHUZO	SIN AZUFRE

CUADRO 2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS, AZUERO. PANAMA, 1990.

Localidad	pH	P kg/ml	Ca	Mg meq/100 ml	Al	% M.O	CIC
Parita	5.3	2.50	1577	253	6.0	3.0	10.8
Las Tablas	5.2	2.50	1748	734	6.0	2.9	16.1
La Honda	5.8	4.23	1165	405	6.0	2.3	10.9
Las Comadres	5.6	6.83	2218	971	6.0	4.9	22.0

pH = 1:2.5

P = Mehlich I doble ácido

M.O. = Oxidación con Dicromato de Potasio

CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico



CUADRO 3. MEDIAS DE RENDIMIENTO DE MAIZ TOMADOS DE CUATRO LOCALIDADES. PANAMA, 1990.

Trat	Fuente de P	Método de P	Método de S	Dosis de P kg/ha	Rendimiento ton/ha			
					Parita	Las Tablas	La Honda	Las Comadres
1.	RF	V	V	30	6.96	6.09	6.04	5.48
2.	RF	V	V	60	6.33	5.65	5.66	6.21
3.	RF	V	V	90	6.46	6.03	5.22	5.65
4.	SFT	CH	CH	30	6.34	6.26	5.93	6.50
5.	SFT	CH	V	30	6.78	5.66	5.85	6.48
6.	SFT	CH	CH	60	6.97	6.18	6.45	6.24
7.	SFT	CH	V	60	6.71	6.11	5.96	6.45
8.	SFT	CH	CH	90	6.60	5.02	6.19	6.50
9.	SFT	CH	OS	60	6.66	5.63	6.17	6.38
10.	SFT	V	V	60	6.79	6.16	6.18	6.15
11.	FDR	CH	CH	60	6.87	6.13	5.59	6.60
12.	TEST		V	0	6.15	5.71	5.59	5.96
13.	TEST		OS	0	6.60	5.02	5.25	6.47
14.	TEST.AGR.			68	7.30	6.38	6.24	6.80

NOTAS: V= voleo; CH= Chuzo; RF= roca fosfórica; FDR= fórmula; SFT= superfosfato triple;  
OS.OP= sin aplicación de S y P respectivamente.

**CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUAL DE LAS CUATRO LOCALIDADES EVALUADAS. PANAMA, 1990.**

Fuente de variación	g.l.	Cuadrados Medios			
		Parita	Las Tablas	La Honda	Las Comadres
Repetición	2	0.976 **	1.226 †	0.707 †	0.204
Tratamiento	13	0.289 †	0.54 e	0.397 †	0.247
C.V.		5.39	9.16	7.69	8.02
<b>CONTRASTES</b>					
1. 12 vs 1		2.09 **	0.71	0.29	0.42
2. 12 vs 2		0.02	0.01	0.02	0.10
3. 12 vs 5		0.48 †	0.06	0.12	0.41
4. 12 vs 7		0.55 †	0.56	0.26	0.36
5. P lineal		0.57 †	0.07	0.72 †	0.01
6. P cuadrática		0.18	1.49 †	0.39	0.30
7. 4 vs 5		0.31	0.31	0.01	0.01
8. 6 vs 7		0.05	0.12	0.38	0.06
9. 5 vs 11		0.01	0.22	0.08	0.01
10. 2 vs 10		0.45 †	0.48	0.40	0.01
11. 9 vs 6		0.10	1.51 †	0.20	0.03
12. 9 vs 7		0.01	0.77 e	0.03	0.01
13. 14 vs 6		0.14	0.05	0.12	0.47

gl = Grados de libertad.

† = Significativa al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente.

C.V. = Coeficiente de variación.

**Explicación de Contrastes:**

Contrastes 1 y 4 : Respuesta al fósforo.

Contrastes 7 y 8 : Comparación de método de aplicación del P y el yeso.

Contrastes 9 y 10 : Comparación de las fuentes de fósforo.

Contrastes 11 y 12: Respuesta al Azufre.

Contrastes 13 : Comparación con el testigo ~~de~~ agricultor.

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DE LAS LOCALIDADES DE PARITA, LAS TABLAS Y LA HONDA.  
PANAMA, 1990.

Fuente de variación	g.l.	Cuadrados Medios
Localidad	2	8.647 **
Rep (Loc)	6	0.866 **
Tratamiento	13	0.809 **
Loc * Trat.	26	0.178
Población (Conv.)	1	0.913 *
C.V.		
CONTRASTES		
1. 12 vs 1	1	1.75 **
2. 12 vs 2	1	0.03
3. 12 vs 5	1	0.42
4. 12 vs 7	1	1.42 **
5. P lineal	1	1.04 **
6. P cuadrática	1	1.51 **
7. 4 vs 5	1	0.01
8. 6 vs 7	1	0.34
9. 5 vs 11	1	0.03
10. 2 vs 10	1	1.45 **
11. 9 vs 6	1	1.10 **
12. 9 vs 7	1	0.25
13. 14 vs 6	1	0.01

gl = Grados de libertad.

\* \*\* = Significativa al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente.

C.V. = Coeficiente de variación.

Explicación de Contrastes:

Contrastes 1 y 4 : Respuesta al fósforo.

Contrastes 7 y 8 : Comparación de métodos de aplicación del P y el yeso.

Contrastes 9 y 10 : Comparación de las fuentes de fósforo.

Contrastes 11 y 12: Respuesta al Azufre.

Contrastes 13 : Comparación con el testigo del agricultor.

CUADRO 6. DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS VARIABLES EN BALBOAS POR HECTAREA DE LA EVALUACIÓN DE FUENTES Y MÉTODOS DE APLICACIÓN DE FOSFORO Y RESPUESTA AL AZUFRE EN EL MAÍZ, EN LA REGIÓN DE AZUERO. PANAMA, 1990.

Tratamiento	Costo de P (1)	Costo de CaSO <sub>4</sub> (2)	Costo de N (3)	Costo de Aplicación de S y P (4)	Costo de Segunda Aplic. de N	Costos Variables Totales
1	7.80	5.40	60.00	6.00	3.00	82.20
2	15.60	5.40	60.00	6.00	3.00	90.00
3	23.40	5.40	60.00	6.00	3.00	97.80
4	23.70	5.40	60.00	0	3.00	92.10
5	23.70	5.40	60.00	3.00	3.00	95.10
6	47.40	5.40	60.00	0	3.00	115.80
7	47.40	5.40	60.00	3.00	3.00	118.80
8	71.10	5.40	60.00	0	3.00	139.50
9	47.40	0	60.00	0	3.00	110.40
10	47.40	5.40	60.00	6.00	3.00	121.80
11	60.60	5.40	42.00	0	3.00	111.00
12	0	5.40	60.00	3.00	3.00	71.40
13	0	0	60.00	0	3.00	63.00
14		0			5.00	136.35

(1) El precio monetario de un kg de P fue de B/.0.26 para la Roca Fosfórica, B/.0.79 para el Super Fosfato Triple y B/.1.01 para la Fórmula.

(2) El precio monetario de campo de un kg de CaSO<sub>4</sub> fue de B/.0.27.

(3) El precio monetario de campo de un kg de N fue de B/.0.60.

(4) Cuando el método de aplicación de fósforo y azufre fue a chuzo, se consideró que el costo está incluido en la aplicación del abono completo (realizado al inicio de la siembra), y no representa costo adicional de la alternativa.

CUADRO 7. ANALISIS ECONOMICO MARGINAL DEL ENSAYO DE FUENTES Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO Y RESPUESTA AL AZUFRE EN EL CULTIVO DE MAIZ EN AZUERO. PANAMA, 1990.

Tratamiento	Beneficio Bruto (Balboas) (1)	Costo Variables (Balboas)	Beneficios Netos (Balboas) (2)	Análisis de Dominancia (3)	Tasa Marginal de Retorno %
13	960.17	63.00	897.17		
12	991.12	71.40	919.72		268
1	1098.16	82.00	1015.96	d	891
2	1005.14	90.00	915.14	d	
4	1046.18	92.10	954.08	d	
5	1043.78	95.10	948.68	d	
3	1009.58	97.80	911.78	d	
9	1047.20	110.40	936.80	d	
11	1057.46	111.00	946.46	d	
6	1134.24	115.80	1018.44		7.38
7	1087.22	118.80	968.42	d	
10	1102.44	121.80	980.64	d	
14	1125.18	136.35	988.83	d	
8	1048.74	139.50	909.24	d	

(1) Es igual al rendimiento promedio ajustado (al 10%) multiplicado por el precio monetario de campo del maíz (B/.0.19 por kilogramo)

(2) Es igual al beneficio bruto menos los costos variables.

(3) d= Tratamiento dominado.

**EVALUACION DE DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE AZUFRE Y SU EFECTO RESIDUAL EN EL CULTIVO DE MAIZ EN DOS LOCALIDADES DE AZUERO PANAMA**

**R. Gordón M. <sup>1</sup>; A. González y J. Franco <sup>2</sup>;  
N. De Gracia <sup>3</sup>; A. de Herrera <sup>4</sup>; W. Raun <sup>5</sup>.**

**RESUMEN**

Dos ensayos residuales fueron realizados en 1990, en el área de Azuero, Panamá; para observar la respuesta del azufre en el cultivo de maíz, variando las dosis y el método de aplicación. Los tratamientos en 1989 consistieron en un factorial completo que incluyó dos métodos de aplicación (voleo y chuzo) y varias dosis de azufre que van de 0, 20, 40 y 80 kg/ha (cuando el método fue al voleo) y de 0, 20 y 40 kg/ha (cuando el método fue a chuzo). Adicionalmente se incluyeron otros tratamientos no factoriales para evaluar el efecto de aplicar yeso ( $\text{CaSO}_4$ ) junto al fósforo en una sola banda, medir la respuesta del cultivo a la aplicación de fósforo; evaluar el sulfato de amonio como fuente de azufre; determinar la dosis residual óptima de azufre y realizar el análisis económico

conjunto de los dos ciclos del cultivo.

En el segundo ciclo (1990) a las parcelas sólo se les aplicó 100 kg de nitrógeno/ha, con el fin de observar el efecto residual de los tratamientos.

En el primer ciclo se observó que hubo respuesta lineal de aplicar yeso tanto en forma de voleo como a chuzo, pero no se presentó una interacción entre estas dos variables independientes. El hecho de que con las dosis de 20 kg/ha se obtuvo uno de los mejores rendimientos, nos indica que una baja dosis de este elemento es suficiente para observar respuestas significativas. La respuesta residual de aplicar azufre (1990) fue altamente significativa, obteniéndose incrementos en la producción que van de 0.483 hasta 1.682

---

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo MSc.

<sup>2</sup> Agrónomos.

<sup>3</sup> Ing. Agrónomo.

<sup>4</sup> MSc. Economía IDIAP. Centro Regional de Azuero y Agrónomo.

<sup>5</sup> PhD; CIMMYT, Guatemala.

ton/ha. El análisis económico conjunto de los dos ciclos (1989-90) demostró que es altamente rentable la aplicación de azufre respecto al nivel cero, dado los bajos costos del yeso agrícola. Se observó que hubo una respuesta cuadrática de aplicar yeso en banda y la interacción entre estas dos variables independientes (voleo por banda) fue significativa. Se obtuvo un efecto cuadrático altamente significativo cuando se aplicó 20 kg de S/ha en banda, siendo el máximo rendimiento cuando había 40 kg de azufre al voleo (7.1 ton/ha). Con este tratamiento se obtuvo el mayor Beneficio Neto y una Tasa Marginal de Retorno (1007%) que supera ampliamente la Tasa Mínima de Retorno de los Agricultores.

El efecto residual de aplicar el yeso junto con el fósforo juntos en una misma banda, tuvo un incremento de 300 kg/ha, sobre la parcela que tenía estos dos elementos en bandas separada, pero la misma no fue significativa. Se observó que hubo respuestas altamente significativa a la aplicación de fósforo.

### INTRODUCCION

Las plantas necesitan por lo menos 16 nutrientes para su desarrollo normal. El nitrógeno, el fósforo y el potasio son conocidos como los nutrientes principales; pero otro elemento que es requerido en grandes dosis lo es el azufre. Este nutriente es un componente esencial de algunas vitaminas y enzimas,

de ahí su importancia para las plantas. En suelos que son deficientes en azufre, tanto el rendimiento como la calidad de los cultivos, se reducen si no se aplica este elemento. Niveles críticos en tejidos de plantas de maíz fueron determinados pero en éstos se encontró una baja correlación con estudios de campo, Kang y Osiname (1976), Daigger y Fox (1971). En Panamá, observaciones de campo han mostrado que en el cultivo de maíz se presentan deficiencias de este elemento.

Estudios realizados han mostrado que las respuestas al azufre interaccionan antagónicamente con el fósforo y el calcio, Barrow (1969), Ensminger (1954), Kamprath *et al.* (1956), Pasricha y Aulakh (1986). En el trópico las pérdidas de este elemento son muy variadas. Estudios realizados por Pearson *et al.* (1962), encontraron que el 90% de las bases solubles en el agua en perfiles de suelos ácidos fueron identificadas como sulfatos.

### MATERIALES Y METODOS

Se realizaron dos ciclos de un experimento en la Región de Azuero, República de Panamá. El primer ciclo se sembró en las localidades de Parita, Las Tablas y La Honda de agosto a diciembre de 1989 (época lluviosa) y un segundo ciclo en 1990, en las localidades de Parita y La Honda en la misma época. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos

al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de las parcelas experimentales consistió de una parcela de cuatro surcos de 5.5 m de largo. La población de maíz en ambos ciclos fue de aproximadamente 53,000 plantas/ha; ésto se consiguió con una distancia de siembra de 0.75 m entre hileras y 0.50 m entre golpes. En cada golpe se dejaron dos plantas.

El cultivar utilizado fue el X-3214, el cual fue tratado con el insecticida furatiocarb, a razón de 10 g i.a/kg de semilla. El control de malezas se realizó con la aplicación de la mezcla de atrazina más pendimentalina en dosis de 2.0 + 2.0 l/ha, con posteriores limpiezas manuales por escapes del control de algunas malezas. En las tres áreas se realizó una clasificación taxonómica del suelo y estas resultaron ser del orden Alfisol sub-orden ustalf.

En el ciclo 89 se aplicaron dos fuentes de azufre, una el sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  y la otra el yeso  $(\text{CaSO}_4)$ . Se evaluaron dos métodos de aplicación uno al voleo y el otro en banda. Estos dos métodos de aplicación se combinaron en un diseño factorial con tres dosis de S cuando se aplicó en banda ( 0, 20 y 40 kg/ha) y cuatro dosis de S ( 0, 20, 40 y 80 kg/ha) cuando la aplicación fue al voleo. Todos los tratamientos llevaban 108 kg de N/ha más 52 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$  juntos en una misma banda. Los

tratamientos que llevaban el yeso en banda iban junto al nitrógeno y al fósforo. Además, de la aplicación de estos 12 tratamientos se añadieron nueve tratamientos no factoriales que fueron:

- a. Tres tratamientos con yeso (40 kg/ha) aplicados en banda junto al N; uno con el fósforo aplicado al voleo (T13), el otro aplicando el fósforo en una banda aparte del N y S (T14) y otro sin fósforo (T18).
- b. Uno sin S, con una aplicación de N y P en bandas separadas (T15).
- c. Dos con aplicación de yeso (40 kg/ha), uno junto al P pero en banda separada al N (T16) y el otro separado en una banda del P y N (T17).
- d. Tres tratamientos con un nivel de 40 kg de S/ha, en donde la fuente fue el sulfato de amonio. Uno sin P (T19), otro junto al P en una misma banda (T20) y otro separado del P (T21).

La fuente del nitrógeno fue la urea (46-0-0). Esta se aplicó un tercio a la siembra y dos tercios 35 días después de la siembra (DDS) (Cuadro 1).

En las localidades de Parita y Las Tablas la preparación del suelo consistió de un pase de arado y dos



pases de rastra (labranza convencional). En La Honda se utilizó el sistema de labranza de conservación que consiste en el chapeo de la maleza y la posterior aplicación de paraquat al momento de la siembra.

Para el segundo ciclo (90) las parcelas del ensayo se dejaron marcadas desde el año anterior y se procedió a sembrar el maíz sobre la línea (tratando de que los golpes coincidieran de un año a otro). La fertilización consistió de la aplicación de 100 kg de nitrógeno en dos partes, 50% al momento de la siembra y el resto a los 35 DDS. En este segundo año sólo se le pudo realizar el seguimiento (residual) a los ensayos que se sembraron en Parita y La honda. El tipo de labranza para ambas localidades fue el de Conservación.

En ambos ciclos se tomaron los datos de rendimiento, número de plantas cosechadas, número de mazorcas y porcentaje de humedad del grano a los dos surcos centrales (parcela efectiva). Se tomaron los registros de precipitación pluvial de las tres áreas (Figura 1). Los datos obtenidos fueron analizados por cada localidad y se realizó un análisis combinado de las tres localidades. Además se realizó un análisis de varianza por cada localidad y las medias se separaron utilizando el método de contrastes no ortogonales. El análisis de suelo por localidad se observa en el Cuadro 2. Se efectuó una

evaluación económica conjunta de los dos ciclos (incorporando el efecto residual) para las dos localidades, utilizando la técnica de presupuesto parcial y el análisis marginal que relaciona los beneficios netos con los costos que varían asociados a cada tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Primer ciclo (1989)

Todas las medias de los rendimientos por cada tratamiento se encuentran en el Cuadro 3. Se encontró que hubo pocas diferencias entre los tratamientos en las diferentes localidades. Cabe señalar que las deficiencias de azufre se observan principalmente cuando las plantas están en las primeras etapas, en las hojas más jóvenes. Esto se debe, principalmente a que en las épocas tardías de la planta, ya existe un sistema radicular bien desarrollado, lo que le permite explorar un mayor volumen de suelo y así absorber más azufre. Aunado a esto, la mineralización de los rastrojos del ciclo anterior, principalmente en forma de ésteres se incrementa con la llegada de las lluvias.

El análisis combinado de las localidades demostró que hubo efectos significativos, al aplicar el sulfato de calcio (yeso) al voleo y en banda junto con el N y el P. Cuando se analizaron por separados las tres localidades, este efecto no se notó

con la misma significancia.

El análisis de los tratamientos factoriales por localidad se encuentra en el Cuadro 4. Aunque este análisis no se utiliza en la discusión, se presenta para mostrar la no significancia de los modelos independientes. El análisis combinado de las tres localidades se encuentra en el Cuadro 5. Se observó que hubo una respuesta lineal de las aplicaciones de yeso al voleo. También se demostró que hubo efecto lineal de aplicar yeso en banda, pero no se presentó una interacción entre estas dos variedades. A pesar de que el efecto del voleo fue significativo al 10% en el modelo, el contraste de la respuesta lineal fue significativo al 5% de probabilidad.

Con el efecto lineal de haber aplicado el S al voleo, se obtuvieron rendimientos de 5.22, 5.50, 5.51 y 5.54 ton/ha para las dosis de 0, 20, 40 y 80 kg de S como sulfato de calcio/ha. Aunque las diferencias en los rendimientos no fueron muy grandes (300 kg/ha) el análisis combinado confirmó que estas diferencias fueron significativas. Es importante señalar, que a pesar de que el rendimiento obtenido con la dosis de 20 kg de S/ha fue uno de los mejores; nos hace pensar que solo se necesita una dosis bastante baja para obtener respuesta por la aplicación de este elemento.

Con el efecto de aplicar

el S en banda junto con el P y el N (a través de las dosis al voleo) se obtuvieron rendimientos de 5.29, 5.50 y 5.54 ton/ha para los niveles 0, 20 y 40 kg de S/ha. Como se comentó anteriormente la falta de interacción voleo por banda indica que se puede aplicar 20 kg de S junto con el P y N en banda ó 20 kg de S al voleo, para obtener rendimientos máximos en estos suelos.

Se observó que hubo una interacción entre localidades y el efecto cuadrático de aplicación del azufre al voleo. En La Honda los rendimientos aumentaron hasta alcanzar el nivel de 40 kg/ha, para luego bajar cuando el nivel fue de 80 kg, por el contrario en Las Tablas el máximo rendimiento se logró a un nivel de 20 kg/ha y luego fue bajando (Cuadro 5).

Los resultados del análisis por localidad se presentan en el Cuadro 6. El análisis combinado de estos tratamientos aumentó el poder de detectar diferencias entre los tratamientos, tomando en cuenta que no se observó una interacción entre localidad por tratamiento.

Entre los tratamientos evaluados se encontraban incluidos varios tratamientos para medir la respuesta al fósforo y el método de aplicar tanto el, S como el P y ambos elementos a la vez. El beneficio de haber aplicado el S, se observó comparando los tratamientos T1 y T15 vs el T16 y T17 (Cuadro 6).

Es importante notar que la respuesta al S en cierto sentido dependía del método de aplicación. Lo óptimo fue cuando 20 kg de azufre como sulfato de calcio fueron aplicados junto con el fósforo y el nitrógeno a la siembra y con 20 kg de azufre aplicados al voleo. Similarmente, 40 kg de azufre aplicados en una banda con el fósforo aparte del nitrógeno demostró que se pueden obtener rendimientos óptimos. Por el contrario el azufre aplicado en banda junto con el N y el P aplicado al voleo (T13) no superó al testigo sin azufre. Las diferencias entre métodos de aplicación se atribuyen a que había respuesta no sólo al azufre, si no que también al fósforo. Respuesta que en otros trabajos demuestran que interactúan antagónicamente, Barrow (1969), Ensminger (1954), Kamprath et al, (1956) Pasricha y Aulakh (1986).

En relación a las fuentes de azufre se determinó que no hubo diferencias entre el sulfato de amonio y el yeso.

Se observó que hubo respuesta a la aplicación de fósforo al comparar el tratamiento que no tenían fósforo (T18 y T19) contra otros (T3, T16 y T20), esto nos demuestra que en el área este elemento es deficitario. Esta respuesta se observó con mayor énfasis cuando se comparó contra los tratamientos que llevaban juntos en banda el fósforo y el azufre.

## Segundo ciclo (1990)

La respuesta residual de aplicar azufre (1990) fue altamente significativa, obteniéndose incrementos en la producción que van de 0.483 hasta 1,682 ton/ha (Cuadro 3). Esto nos indica de que en un segundo año este elemento cobra mayor importancia en comparación con los resultados obtenidos en un primer año. Sería interesante seguir evaluando por un ciclo residual adicional (tercer ciclo) para observar la tendencia en la respuesta al azufre.

En análisis económico que relaciona los beneficios y costos que varían en cada alternativa tecnológica, se efectuó de manera conjunta incorporando los dos ciclos evaluados. Se consideró la sumatoria de los costos que varían y los beneficios del primer ciclo más los costos y beneficios actualizados (utilizando una tasa de descuento del 15% que corresponde al costo del capital en el área) del ciclo residual. En los Cuadros 7 y 8 se presentan el detalle de los beneficios y costos correspondientes a los dos ciclos. Los costos fueron calculados en base a la estructura de tratamientos.

El Cuadro 9, describe el análisis económico marginal, el cual fue realizado solamente con los tratamientos factoriales. La aplicación del azufre fue altamente rentable, medido a través de los mayores beneficios netos obtenidos respecto al nivel

cero (T1) y que constituye la práctica de los agricultores del área. Esto lo explica el incremento significativo en los rendimientos obtenidos con la aplicación del azufre, y el bajo precio internacional del yeso agrícola. El yeso agrícola no está disponible en el mercado panameño, por lo que se utilizó el precio de este producto en Guatemala. No obstante, las altas tasas marginales de retorno obtenidas implican que aún, si el precio fuera considerablemente más alto (asumiento que se importara el mismo) se justificaría económicamente su utilización.

El efecto residual de aplicar el yeso junto con el fósforo juntos en una misma banda, tuvo un incremento de 300 kg/ha, sobre la parcela que tenía estos dos elementos en bandas separada, pero la misma no fue significativa. Se observó que hubo respuesta altamente significativa a la aplicación de fósforo, lo que reafirma los resultados obtenidos en el primer ciclo (Cuadro 6).

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En los dos años hubo una respuesta altamente significativa a la aplicación de azufre, obteniéndose incrementos de 0.33 a 0.88 ton/ha el primer ciclo y de 0.483 hasta 1.682 ton/ha, por hectárea.

El análisis económico conjunto de los dos años

demostró alta rentabilidad en la aplicación de azufre versus la no aplicación.

La respuesta de aplicar azufre al voleo y en banda fue lineal en 1989 y cuadrática al voleo en el ciclo residual (1990).

En el segundo ciclo de cultivo se observó una interacción entre el método de voleo por banda; siendo el tratamiento de 40 kg S/ha al voleo por 20 kg S/ha en banda el de mayor Beneficio Neto por hectárea y una Tasa Marginal de Retorno (1007%), ampliamente superior a la Tasa Mínima de Retorno de los productores de la Región.

La dosis de 20 kg de azufre/ha produjo uno de los rendimientos más altos, lo que nos indica que una dosis baja es suficiente para obtener rendimientos óptimos en el primer ciclo.

No hubo diferencias entre las fuentes de azufre (sulfato de calcio y sulfato de amonio).

Se observó una respuesta significativa de aplicar fósforo en los dos ciclos de cultivo de este experimento.

No se observó ninguna ventaja de aplicar el yeso junto al azufre en los dos ciclos del cultivo; sólo se obtuvo un incremento de 300 kg/ha en el ciclo residual, pero el mismo no fue significativo.

## BIBLIOGRAFIA

**BARROW, N. J. 1969.** Effects of adsorption of sulfate by soils on the amount of sulfate present and its availability to plants. Soil Sci. 108:193-201.

**CIMMYT. 1988.** La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F. México: CIMMYT 79p.

**DAIGGER, L. A. and R. L. Fox 1971.** Nitrogen and sulfur nutrition of sweet corn in relation to fertilization and water composition. Agron. J. 63:729-730.

**ENSMINGER, L. E. 1954.** Some factors affecting the adsorption of sulfate by Alabama soils. Soil. Soc. Am. Proc. 18:259-264.

**KAMPRATH, E. J.; W. L. NELSON and J. W. FITTS. 1956.** The effect of pH, sulfate and phosphate concentration on the adsorption of sulfate by soils. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 20:463-466.

**KANG, B. T. and O. A. OSINAME. 1976.** Sulfur response of maize in western Nigeria. Agro. J. 68:333-336.

**PASRICHA, N. S. and M. S. AULAKH. 1986.** Role of sulfur in the nutrition of groundnut. Fertilizer News, New Delhi, India. Vol 31 No.9.

CUADRO 1. ESTRUCTURA DE TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN EVALUACION DE DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE AZUFRE Y SU EFECTO RESIDUAL EN EL CULTIVO DE MAIZ EN DOS LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMA. (1990).

No. DE TRAT.	APLICACION DE 5kg/ha COMO CaSO <sub>4</sub>		
	VOLED	BANDA	APLICACION DE N Y P
1	0	0	Banda junto
2	0	20	Banda junto
3	0	40	Banda junto
4	20	0	Banda junto
5	20	20	Banda junto
6	20	40	Banda junto
7	40	0	Banda junto
8	40	20	Banda junto
9	40	40	Banda junto
10	80	0	Banda junto
11	80	20	Banda junto
12	80	40	Banda junto
13	0	40	(N S) P Vol
14	0	40	(N S) (P)
15	0	40	(N) (P)
16	0	40	(N) (P S)
17	0	40	(N P) (S)
18	0	40	(N S) sin P
19	0	40	(N) sin P
20	0	40	(N P)
21	0	40	(N) (P)

40 - Sulfato de Amonio usado como fuente de Azufre.  
Fuente de N = Urea; Fuente de P = Super Fosfato Triple.

CUADRO 2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS. AZUERO, PANAMA, 1990.

LOCALIDAD	pH	p g/ml	Ca ** meq/100 ml**	Mg ** meq/100 ml**	Al	% M.O.	Text
Parita	5.3	2.50	1577	253	6.0	3.00	FARC
Las Tablas	5.2	2.50	1748	734	6.0	2.90	FARC
La Honda	5.8	4.23	1165	405	6.0	2.30	FARC

pH = 1:2.5 (agua)  
P = Molich I  
Ca, Mg = KCl IN  
M.O. = Walkey y Black

CUADRO 3. MEDIAS DEL RENDIMIENTO DE MAIZ DE LOS DOS CICLOS DEL CULTIVO DE DOS LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMA. 1989-1990.

Trat	APLICACION DE S		RENDIMIENTO (ton/ha)					
	kg S/ha		PARITA		LA HONDA		LA HONDA	
	VOLEO	BANDA	1989	1990	1989	1990	1989	1990
1	0	0	5.14	6.16	5.03	5.78	5.09	5.97
2	0	20	5.25	6.20	5.35	5.52	5.30	5.86
3	0	40	5.56	6.90	5.69	5.91	5.63	6.41
4	20	0	5.11	6.17	4.96	5.22	5.04	5.70
5	20	20	5.68	6.18	5.77	6.06	5.73	6.12
6	20	40	5.27	6.43	5.37	5.46	5.32	5.95
7	40	0	4.57	6.57	5.79	5.60	5.18	6.09
8	40	20	5.42	7.85	5.99	6.33	5.71	7.09
9	40	40	5.11	5.81	5.36	5.65	5.24	5.73
10	80	0	5.52	6.93	5.39	5.53	5.46	6.23
11	80	20	6.07	6.30	5.23	6.50	5.65	6.40
12	80	40	5.87	6.46	5.67	5.41	5.77	5.94
13	0	40	5.41	6.43	5.22	6.01	5.32	6.22
14	0	40	5.20	6.65	4.96	5.94	5.08	6.30
15	0	0	5.41	6.00	5.11	6.10	5.26	6.05
16	0	40	5.89	6.60	5.71	5.98	5.80	6.29
17	0	40	5.15	6.18	5.92	6.02	5.54	6.10
18	0	40	4.91	5.80	5.72	5.41	5.32	5.61
19	0	*40	4.63	5.78	5.23	5.41	4.93	5.60
20	0	*40	5.01	5.91	5.74	6.19	5.38	6.05
21	0	*40	5.52	6.70	5.56	5.73	5.54	6.22

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS FACTORIALES (1-12) DE LOS DOS CICLOS DE CULTIVO POR LOCALIDAD EN LA REGION DE AZUERO, PANAMA. 1989-1990.

FUENTE DE VARIACION	CUADRADOS MEDIOS				
	g.l.	PARITA		LA HONDA	
		1989	1990	1989	1990
Rep	2	0.37	0.49	0.77 *	0.09
Voleo (V)	3	0.82	0.36	0.25	0.12
Banda (B)	2	0.79	0.17	0.26	1.10 *
Voleo * Banda	6	0.11	1.31 **	0.33 @	0.37
Población (Cov)	1		2.03 **		4.73 **
C.V.		11.3	9.19	6.9	8.74
CONTRASTES					
Voleo Lineal	1	0.66	0.38	0.14	0.08
Voleo Cuadrático	1	1.07	0.01	0.19	0.02
Banda Lineal	1	0.78	0.02	0.31	0.06
Banda Cuadrático	1	0.81	0.31	0.25	2.13 **
V0 vs V80 * Banda lin	1	0.01	1.10 @	0.11	0.01
V0 vs V40 * Banda lin	1	0.03	1.71 *	0.90 *	0.01
V0 vs V20 * Banda lin	1	0.05	0.17	0.05	0.02
V20 vs V80 * Banda lin	1	0.03	0.40	0.01	0.03
V20 vs V40 * Banda lin	1	0.13	0.79	0.53 @	0.01
V40 vs V80 * Banda lin	1	0.05	0.06	0.37	0.01

gl = Grados de libertad

@, \*, \*\* = Significativo al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

C.V. = Coeficiente de variación

Cov. = Covariable



CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS FACTORIALES (1-12) COMBINANDO LAS LOCALIDADES. AZUERO, PANAMA. 1989-1990.

FUENTE DE VARIACION	g.l.		CUADRADOS MEDIOS	
	89	90	1989	1990
Localidad	2	1	0.06	0.72
Rep (Loc)	6	4	0.97	0.31
Voleo	3	3	0.82	0.44
Banda	2	2	0.70	1.02 *
Voleo * Banda	6	3	0.50	0.04
Loc * Voleo	6	2	0.92 *	0.25
Loc * Banda	4	6	0.42	0.75 *
Loc * Voleo * Banda	12	6	0.21	0.95 **
Población (Cov.)		1		6.74 **
C.V.			10.4	8.91
CONTRASTES				
Voleo Lineal	1		1.62 *	0.40
Voleo Cuadrático	1		0.47	0.01
Banda Lineal	1		1.34 *	0.01
Banda Cuadrático	1		1.07	2.03 **
V0 vs V80 * Banda lineal	1		0.24	
V0 vs V40 * Banda lineal	1		0.62	
V0 vs V20 * Banda lineal	1		0.55	
V20 vs V80 * Banda lineal	1		0.06	
V20 vs V40 * Banda lineal	1		0.01	
V40 vs V80 * Banda lineal	1		0.11	
Loc2 vs Loc3 * Voleo Cuadrático	1		0.97 @	
V0 vs V20 * Banda Cuadrático	1			0.77 @
V0 vs V40 * Banda Cuadrático	1			4.61 **
V0 vs V80 * Banda Cuadrático	1			0.86 @
V20 vs V40 * Banda Cuadrático	1			1.60 **
V40 vs V80 * Banda Cuadrático	1			1.47 *

g.l = Grados de libertad

@, \*, \*\* = Significativo al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

C.V. = Coeficiente de variación

Cov. = Covariable

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRAMITES COMBINANDO TRES LOCALIDADES (1989)  
Y DOS LOCALIDADES (1990). AZUERO, PANAMA.

FUENTE DE VARIACION	GL		CUADRADOS MEDIOS	
	89	90	1989	1990
Localidad	2	1	0.39	0.13
Rep (Loc)	6	4	1.93	0.47
Trat	20	20	0.64 *	0.64 **
Loc * Trat	42	20	0.39	0.40
Poblaci6n (Cov)		1		12.88 **
C.V.			11.4	8.90
CONTRASTES				
1 vs 16	1		3.11 **	0.22
1 vs 17	1		1.24 0	0.03
3 vs 15	1		0.67	0.36
3 vs 18	1		1.52 *	1.86 **
3 vs 19	1		1.35 0	1.89 **
15 vs 16	1		1.67 *	0.14
16 vs 17	1		0.46	0.08
16 vs 18	1		2.92 **	1.28 *
18 vs 21	1		1.49 *	1.12 *
19 vs 7	1		0.32	0.65
19 vs 20	1		1.31 0	0.59
18, 19 vs 3.20	1		1.61 *	2.27 **

gl = Grados de libertad

0, \*, \*\* = Significativo al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

C.V. = Coeficiente de variaci6n

Cov. = Covariable

CUADRO 7. DESCRIPCION DE LOS COSTOS VARIABLES EN BALBOAS POR HECTAREA DEL ENSAYO DE EVALUACION DE DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE AZUFRE Y SU EFECTO RESIDUAL EN MATZ. AZUERO, PANAMA. 1989-1990.

Trat	PRIMER CICLO (1990)							SEGUNDO CICLO (1990)			
	Costo S Vol (1)	Costo S Band (1)	Costo Aplic S y P (2)	Costo N (3)	Costo SFT (3)	Costo 2da. Aplic N	Costo Variable Total	Costo de N	Costo Aplic N	Costo Variab. Total	V A
1	0	0	0	66.00	41.08	3.50	110.58	46.00	3.50	49.50	
2	0	5.40	0	66.00	41.08	3.50	115.98	46.00	3.50	49.50	
3	0	10.80	0	66.00	41.08	3.50	121.38	46.00	3.50	49.50	
4	5.40	0	2.50	66.00	41.08	3.50	118.48	46.00	3.50	49.50	
5	5.40	5.40	2.50	66.00	41.08	3.50	123.88	46.00	3.50	49.50	
6	5.40	10.80	2.50	66.00	41.08	3.50	129.28	46.00	3.50	49.50	
7	10.80	0	5.00	66.00	41.08	3.50	126.38	46.00	3.50	49.50	
8	10.80	5.40	5.00	66.00	41.08	3.50	131.78	46.00	3.50	49.50	
9	10.80	10.80	5.00	66.00	41.08	3.50	137.18	46.00	3.50	49.50	
10	21.60	0	10.00	66.00	41.08	3.50	142.18	46.00	3.50	49.50	
11	21.60	5.40	10.00	66.00	41.08	3.50	147.58	46.00	3.50	49.50	
12	21.60	10.80	10.00	66.00	41.08	3.50	152.98	46.00	3.50	49.50	
13	0	10.80	2.50	66.00	41.08	3.50	123.88	46.00	3.50	49.50	4
14	0	10.80	2.50	66.00	41.08	3.50	123.88	46.00	3.50	49.50	4
15	0	10.80	2.50	66.00	41.08	3.50	123.88	46.00	3.50	49.50	4
16	0	10.80	7.00	66.00	41.08	3.50	128.38	46.00	3.50	49.50	4
17	0	10.80	5.00	66.00	41.08	3.50	126.38	46.00	3.50	49.50	4
18	0	10.80	0	66.00	0	3.50	80.30	46.00	3.50	49.50	4
19	0	38.40	0	44.70	0	3.50	86.60	46.00	3.50	49.50	4
20	0	38.40	0	44.70	41.08	3.50	127.68	46.00	3.50	49.50	4
21	0	38.40	2.50	44.70	41.08	3.50	130.18	46.00	3.50	49.50	4

(1) El precio monetario de campo de un kg de CaSO<sub>4</sub>, fue de B/.0.27.

(2) Cuando el método de aplicación del azufre fue en banda se consideró que el costo de aplicación está incluido en el correspondiente al abono completo (realizado a la siembra), y no representa un costo adicional de la alternativa.

(3) El precio monetario de campo de un kg de N<sub>2</sub> fue de B/.0.60.

(4) El precio monetario de campo de un kg de P utilizando Super Fosfato Triple fue de B/.0.79.

(5) Actualizado a una tasa de descuento del 15%.

CUADRO 8. BENEFICIOS Y COSTOS EN BALBOAS POR HECTAREA DEL ENSAYO DE EVALUACION DE OOSIS Y METODOS DE APLICACION DE AZUFRE Y SU EFECTO RESIDUAL EN MAIZ. AZUERO, PANAMA. 1989-1990.

Trat	PRIMER CICLO (1990)			SEGUNDO CICLO (1990)			
	Benef Bruto (1)	Costos Variab.	Benef Neto (2)	Benef Bruto (1)	Benef Bruto Actual (3)	Costos Variab.	Benef. Neto Actual.
1	869.54	110.58	758.96	1,026.00	892.17	43.04	849.13
2	906.30	115.98	790.32	1,001.38	870.76	43.04	827.72
3	961.88	121.38	840.50	1,093.20	950.61	43.04	907.57
4	860.99	118.48	742.51	975.73	848.46	43.04	805.42
5	978.98	123.88	855.10	1,044.64	908.38	43.04	865.34
6	909.72	129.28	780.44	1,016.94	884.29	43.04	841.25
7	885.78	126.38	759.40	1,037.12	901.84	43.04	858.80
8	975.56	131.78	843.78	1,209.83	1,052.02	43.04	1,008.98
9	895.19	137.18	758.01	979.83	852.03	43.04	808.99
10	932.81	142.18	790.63	1,057.81	919.83	43.04	876.79
11	936.15	147.58	788.57	1,093.03	950.46	43.04	907.42
12	986.67	152.98	833.69	1,021.04	887.86	43.04	844.82
13	908.87	123.88	784.99	1,061.40	922.95	43.04	879.91
14	868.68	123.88	744.80	1,078.67	937.96	43.04	894.92
15	899.46	123.88	775.58	1,034.21	899.31	43.04	856.27
16	991.80	128.38	863.42	1,071.83	932.02	43.04	888.98
17	946.49	126.38	820.11	1,043.61	907.46	43.04	864.42
18	908.87	80.30	828.57	958.28	833.29	43.04	790.25
19	843.03	86.60	756.43	957.26	832.40	43.04	789.36
20	919.13	127.68	791.45	1,032.84	898.12	43.04	855.08
21	947.34	130.18	817.16	1,063.79	925.04	43.04	882.00

(1) Es igual al rendimiento promedio ajustado al 10% multiplicado por el precio de campo del maíz (B/.0.19/kg).

(2) Es igual al beneficio bruto menos los costos variables.

(3) Actualizado a una tasa de descuento de 15%.

CUADRO 9. ANALISIS ECONOMICO MARGINAL CONJUNTO (DOS CICLOS) DEL ENSAYO DE EVALUACION DE DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE AZUFRE Y SU EFECTO RESIDUAL EN MAIZ. AZUERO, PANAMA. 1989-1990.

Trat.	PRIMER CICLO (1990)		SEGUNDO CICLO (1990)		
	Beneficios Brutos (B/.) (1)	Costos Variables (B/.)	Beneficios Netos (B/.) (2)	Análisis de Dominancia (3)	Tasa Marg. de Retorno (%)
1	1,761.71	153.62	1,608.09		
2	1,777.06	159.02	1,618.04		184
3	1,709.45	161.52	1,547.93	d	
4	1,912.49	164.42	1,748.07		2 408
5	1,887.36	166.92	1,720.44	d	
6	1,787.62	169.42	1,618.20	d	
7	1,794.01	172.32	1,621.69	d	
8	2,027.58	174.82	1,852.76		1 007
9	1,747.22	180.22	1,567.00	d	
10	1,852.64	185.22	1,667.42	d	
11	1,916.61	190.62	1,725.99	d	
12	1,871.53	196.02	1,675.51	d	

(1) Es igual al rendimiento promedio ajustado (al 10%) multiplicado por el precio monetario de campo del maíz (B/.0.19/kg).

(2) Es igual al beneficio bruto menos los costos variables.

(3) d = Tratamiento dominado.

**EVALUACION DE LA RESPUESTA FISICA Y ECONOMICA AL  
NITROGENO Y FOSFORO EN TRES LOCALIDADES DE AZUERO  
EN EL CULTIVO DE MAIZ, PANAMA 1990**

**R. Gordón M.<sup>1</sup> ; A. González<sup>2</sup> ; N. De Gracia<sup>3</sup> ;  
J. Franco y A. de Herrera<sup>4</sup> ; S. Jaramillo<sup>5</sup>.**

**RESUMEN**

Tres ensayos exploratorios fueron realizados en varias localidades (Las Tablas, Parita y La Honda) de la Región de Azuero, Panamá, durante 1990. El objetivo fue el de evaluar la respuesta física y económica de diferentes niveles de N y P. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió de cuatro surcos de 5.5 m de largo, separados a 0.75 m. La dosis de nitrógeno evaluadas fueron de 0, 30, 100, 170 y 200 kg/ha, mientras que la dosis de fósforo fueron de 0, 14.5, 50, 85.5 y 100 kg/ha, arreglados con una estructura de tratamientos de Central Rotable.

Los resultados de estos experimentos nos mostraron que hubo una respuesta cuadrática altamente significativa a la aplicación del nitrógeno, mientras que la respuesta al fósforo no fue significativa. Por lo que la ecuación de regresión obtenida para el nitrógeno fue  $Y = 4\ 554 + 23.74 N - 0.078 N^2$ . En relación al fósforo a pesar de que no fue significativa, se observó una tendencia de incrementar los rendimientos del maíz a medida que la dosis aumentó. Al realizar los cálculos para determinar el óptimo físico se encontró que éste fue de 163 kg de N<sub>2</sub>/ha, mientras que el óptimo económico fue de 127 kg de N<sub>2</sub>/ha.

---

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo, MSc. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá.

<sup>2</sup> Agrónomo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá.

<sup>3</sup> Ing. Agrónomo.

<sup>4</sup> Lic. Economía. MSc. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá.

<sup>5</sup> Ing. Agrónomo, MSc. IDIAP. Centro Regional de Azuero.

## INTRODUCCION

La producción de maíz es una de las actividades agrícolas más importantes a nivel nacional y especialmente en la región de Azuero. En esta región se sembró en los últimos años alrededor de 12,000 hectáreas mecanizadas, esto equivale aproximadamente a un 50% del hectareaje a nivel nacional. Esta actividad representa una generación de ingresos brutos en el área de Azuero, de 7 millones de balboas anuales en concepto de pago de mano de obra, transporte, adquisición de insumos y servicios, ganancias al productor, etc. La compra de agroquímicos (de los cuales los fertilizantes representan la suma más importante) significa aproximadamente un 25% de los pagos realizados en la producción de maíz en Azuero.

Los cambios recientes en la política económica hacia la producción agrícola, donde la liberación de los mercados es quizás lo más relevante, exige una mayor eficiencia técnica y económica que permita a los productores permanecer en el mercado. En este sentido, lograr la eficiencia en el uso de insumos es un objetivo básico. Por esta razón se establecieron en diferentes localidades de Azuero, ensayos de niveles de nitrógeno y fósforo en el cultivo de maíz, con el propósito de determinar la dosis óptima física y económica, para lograr la mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes.

Según estudios realizados en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), se ha podido determinar que la mayoría de los suelos en Panamá tienen niveles bajos de fósforo y se espera que den una respuesta positiva a la aplicación de este elemento, Name y Cordero (1987). De igual forma se tienen evidencias de la respuesta del cultivo de maíz a la aplicación del fósforo en los suelos de la Región de Azuero, Gordón *et al.* (1989a, 1989b).

## MATERIALES Y METODOS

Se realizó un experimento en la Región de Azuero, República de Panamá de agosto a diciembre de 1990 (época lluviosa), en las localidades de Parita, Las Tablas y La Honda. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de las unidades experimentales consistió de una parcela de cuatro surcos de 5.5 m de largo. La población de maíz fue de aproximadamente 53,000 plantas/ha; ésto se consiguió con una distancia de siembra de 0.75 m entre hileras y 0.50 m entre golpes. En cada golpe se dejaron dos plantas. La dosis de nitrógeno evaluadas fueron de 0, 30, 100, 170 y 200 kg/ha mientras que la dosis de fósforo fueron de 0, 14.5, 50, 85.5 y 100 kg/ha, arreglados con una estructura de tratamientos de Central Rotable (Cuadro 1).

El cultivar utilizado fue el X-3214, el cual fue tratado con el insecticida

furatiocarb a razón de 10 gr i.a./kg semilla. El control de malezas se realizó con la aplicación de la mezcla de atrazina más pendimentalina en dosis de 2.0 + 2.0 l/ha, con posteriores limpiezas manuales, por escapes del control de algunas malezas. En la localidad de Las Tablas se tuvo que aplicar Paraquat antes de la germinación del maíz, para el control de Cyperus rotundus. En las tres áreas se realizó una clasificación taxonómica del suelo y los tres resultaron ser del orden Alfisol suborden ustalf.

En las localidades de Parita y Las Tablas la preparación del suelo consistió de un pase de arado y dos pases de rastra (labranza convencional)I. En La Honda se chapeó y quemó la maleza con el herbicida paraquat (labranza de conservación).

Se tomaron los datos de rendimiento, número de plantas cosechadas, número de mazorcas, altura de planta, número de plantas acamadas y porcentaje de humedad del grano a los dos surcos centrales (parcela efectiva). Se tomaron los registros de precipitación pluvial de las tres áreas (Figura 1). Además, se realizó un análisis de varianza por cada localidad y las medias se separaron utilizando el método de contrastes. Para el análisis físico y químico del suelo, se tomó una muestra compuesta de 0-20 cm de profundidad en cada uno de los bloques. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio del IDIAP y se le

realizaron los análisis, Hunter (1976). El análisis el suelo por localidad se observa en el Cuadro 2.

Los datos obtenidos fueron analizados para cada localidad y se realizó un análisis combinado. También se les realizó un análisis de Regresión Múltiple y Regresión Simple. En el caso de ser significativa la Regresión Múltiple los datos se ajustaron a un polinomio de segundo grado cuya expresión matemática es la siguiente:

$$Y = b_0 + b_1N + b_2P + b_3N^2 + b_4P^2 + b_5NP$$

en donde:

(1)

Y = Variable dependiente  
 N-P = variables independientes  
 b<sub>0</sub> = constante  
 b<sub>1</sub> y b<sub>2</sub> = coeficiente para el efecto lineal  
 b<sub>3</sub> y b<sub>4</sub> = coeficiente para el efecto cuadrático  
 b<sub>5</sub> = coeficiente para el efecto de la interacción

En los casos en donde sólo se encontró respuesta significativa a un solo elemento (p.e., N y no a P), los datos se ajustaron a un nuevo modelo en donde se determinó el efecto de N sobre el rendimiento sin considerar el efecto del otro elemento (en este caso al P), resultando un polinomio de segundo grado con la expresión matemática:

$$Y = b_0 + b_1 N + b_2 N^2$$



en donde: (2)

Y = variable dependiente  
 N = variable independiente  
 b<sub>0</sub> = constante  
 b<sub>1</sub> = coeficiente para el efecto lineal  
 b<sub>2</sub> = coeficiente para el efecto cuadrático

Luego de obtener las ecuaciones de respuesta, se procedió a calcular el óptimo físico mediante la metodología de igualar la primera derivada de la segunda ecuación a cero.

$$\frac{dy}{dn} = b_1 + 2 b_2 N$$

$$b_1 + 2 b_2 N = 0$$

$$N = \frac{b_1}{2 b_2} \quad (3)$$

Para el cálculo del óptimo económico se utilizó la metodología descrita por Jauregui y Sain (1990). El primer paso de la misma es el cálculo de la relación de precios relevantes, según la fórmula:

$$rp = \frac{Pn (1 + R)}{Po}$$

en donde: (4)

rp = relación de precios relevantes  
 Pn = Precio de 1 kg de N<sub>2</sub> y su costo promedio de aplicación.  
 R = Tasa Mínima de retorno de los agricultores del área durante el ciclo del

cultivo (15%)

Po = Precio de campo de 1 kg de maíz.

Posteriormente se iguala la rp a la primera derivada de la segunda y despejando N, se obtiene el nivel de N<sub>2</sub> que maximiza las ganancias.

$$b_1 + 2 b_2 N = rp$$

$$N = \frac{rp - b_1}{2 b_2} \quad (5)$$

### RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del rendimiento de maíz en las tres localidades evaluadas. El análisis de regresión múltiple para observar el efecto del nitrógeno y fósforo en el rendimiento de maíz se observa en la siguiente ecuación:

$$Y = 4.709 + 0.0204 N - 0.000074 N^2 - 0.0204P + 0.000018p^2 + 0.00052NP$$

(.001) (.001)  
 (.677) (.826) (.290)

Esta función presentó un Coeficiente de Regresión (R<sup>2</sup>) de 0.40; sin embargo, sólo se obtuvo un efecto altamente significativo para N lineal y N cuadrático al 1% de probabilidad. Para el resto de las variables independientes y su interacción (P, NP) los valores no fueron significativos. Debido a esto, se corrió una regresión simple para la variable N. Basados en el modelo de predicción descrito, se estimaron las curvas de respuesta al nitrógeno que se indican en la Figura 2. El resultado de

este análisis nos dió la siguiente ecuación:

$$Y = 4\ 554 + 23.74 N - 0.078 N^2$$

(.001)            (.001)

Para el caso del fósforo, a pesar de que el mismo no fue significativo en las ecuaciones de regresión. Se procedió a realizar un análisis de varianza (Cuadro 4) y una prueba de contrastes no ortogonales, tomando como valores los tratamientos con niveles de 0 (T7), 50 (T9) y 100 (T8) kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. El resultado de este análisis indicó que hubo respuesta lineal a la aplicación de fósforo al 7% de probabilidad (Figura 3).

En el caso del P al realizar el análisis de regresión simple con los nueve tratamientos se observó que los rendimientos bajaban con la aplicación de este elemento, para luego aumentar; esto se obtuvo con la ecuación  $Y = 5\ 939 - 18.9 P + 8.21 P^2$ . No conforme con los resultados de este análisis, se procedió a realizar el mismo análisis pero eliminando los resultados del T5 (N=0, P=50), ya que, el rendimiento promedio de este punto reducía o bajaba mucho el promedio del rendimiento obtenido con el nivel de 50 kg/ha, esto se debe al nivel de 0 kg de nitrógeno/ha (Figura 3). El resultado que se obtuvo está más de acuerdo con lo esperado. Este último análisis nos indicó que hubo una respuesta lineal significativa a la aplicación de P, obteniéndose una ecuación simple de la

siguiente fórmula:

$$Y = 5\ 777 + 6.71 P - 0.037 P^2$$

En la Figura 2, se puede apreciar que, el rendimiento de maíz es determinado por las dosificaciones del nitrógeno. Al realizar los cálculos para determinar el óptimo físico con la fórmula 3 se encontró que el nivel de N<sub>2</sub> que maximiza los rendimientos fue de 163 kg/ha.

Para el cálculo del óptimo económico se procedió de acuerdo a las ecuaciones 4 y 5. El precio de campo de un kg de N<sub>2</sub> (incluyendo su costo de aplicación) fue de B/ 0.65, en tanto que, el de un kilogramo de maíz fue de B/ 0.19. La realización del procedimiento descrito anteriormente, dió como resultado 127 kg de N<sub>2</sub>, como el nivel que maximiza las ganancias del productor.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hubo respuesta lineal y cuadrática altamente significativa para la aplicación del nitrógeno.

No se observó respuesta cuadrática al fósforo, pero sí lineal (P = 0.07), cuando se evaluaron los niveles de 0, 50 y 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

La dosis óptima física de nitrógeno fue de 163 kg/ha.

El nivel óptimo econó-

mico obtenido para la aplicación de nitrógeno fue de 127 kg/ha.

Es necesario repetir este ensayo el próximo año para conformar los resultados obtenidos en este experimento.

#### BIBLIOGRAFIA

**GORDON, R; A. GONZALEZ, N. DE GRACIA Y W. RAUN 1989a.**

Evaluación de dosis y métodos de aplicación de azufre en el cultivo de maíz en tres localidades en Azuero. En: Trabajos presentados de los Proyectos Colaborativos en Agronomía, Desarrollo y Mejoramiento de Germoplasma en Maíz (Zea mays L). pág 219-225.

**GORDON, R; N. DE GRACIA; A. GONZALEZ Y W. RAUN. 1989b.**

Evaluación de fuentes y métodos de aplicación de Fósforo en el cultivo de maíz en tres localidades de Azuero En: Trabajos presentados de los proyectos Colaborativos en Agronomía, Desarrollo y Mejoramiento de Germoplasma en Maíz (Zea mays L). pag 206-213.

**HUNTER, H. A. 1976.**

Seminario sobre evaluación de fertilidad de suelo. Calibración de Métodos de Laboratorio Turrialba, Costa Rica, CATIE.

**JAUREGUI, M. A.; G. E. SAIN. 1990.** Continuos economic analysis of crop response to fertilizer in on-farm research. CIMMYT. México D.F. 125 p (manuscrito).

**NAME, B y A. CORDERO. 1987.** Recomendación para la fertilización de suelos. Hojas Guías para el Cultivo. En: Compendio de los Resultados de Investigación Presentados en la Jornada Científica. IDIAP Región Central. 22p.

CUADRO 1. ESTRUCTURA DE TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN LA EVALUACION DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAIZ A LA APLICACION DE FOSFORO Y NITROGENO EN TRES LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMA. 1990

Tratamiento	Dosis de N	Dosis de P	Dosis de K	Dosis de S
1	30	14.5	15	0
2	30	85.5	15	0
3	170	14.5	15	0
4	170	85.5	15	0
5	0	50	15	0
6	200	50	15	0
7	100	0	15	0
8	100	100	15	0
9	100	50	15	0
10	100	50	15	0

CUADRO 2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS, AZUERO, PANAMA. 1990.

Localidad	pH	p ug/ml	Ca ---	Mg meq/100 ml	Al ---	% M.O.	Text
Parita	5.3	2.50	1577	253	6.0	3.00	FARC
Las Tablas	5.2	2.50	1748	734	6.0	2.90	FARC
La Honda	5.8	4.23	1165	405	6.0	2.30	FARC

pH 1:2.5 (agua)  
p Melich 1  
Ca, Mg KCl 1N  
M.O. Walkey y Black  
Text. Bouyucos

CUADRO 3. RENDIMIENTO PROMEDIO EN ton/ha EN EL ENSAYO DE EVALUACION DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAIZ A LA APLICACION DE FOSFORO Y NITROGENO EN TRES LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMA. 1990

Tratamiento	R e n d i m i e n t o ton/ha		
	Parita	Las Tablas	La Honda
1	5.98	5.78	4.64
2	5.08	6.04	4.64
3	5.81	6.42	5.89
4	6.33	6.39	6.35
5	4.39	5.28	3.48
6	6.09	6.44	6.50
7	6.07	6.30	5.26
8	6.05	6.73	6.37
9	5.53	6.03	5.49
10	6.44	6.44	5.68

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DEL ENSAYO DE EVALUACION DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAIZ A LA APLICACION DE FOSFORO Y NITROGENO EN TRES LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMA. 1990.

Fuente de Variación	g.l.	Cuadrado Medio	Pr > F
Localidad	2	6.073	**
Rep(Loc)	9	1.186	*
Tratamiento	10	4.594	**
Loc * Trat	19	0.543	
Error	83	0.713	
C.V.		12.19	
Contraste			
N lineal	1	20.590	0.0001
N cuadrática	1	0.669	0.254
P lineal	1	1.644	0.075
P cuadrática	1	1.447	0.095

gl- Grados de libertad

\*,\*\* - Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

C.V. - Coeficiente de variación

**FIGURA 1. PRECIPITACION PLUVIAL EN LAS TABLAS, PARITA Y LA HONDA, PANAMA. 1990.**

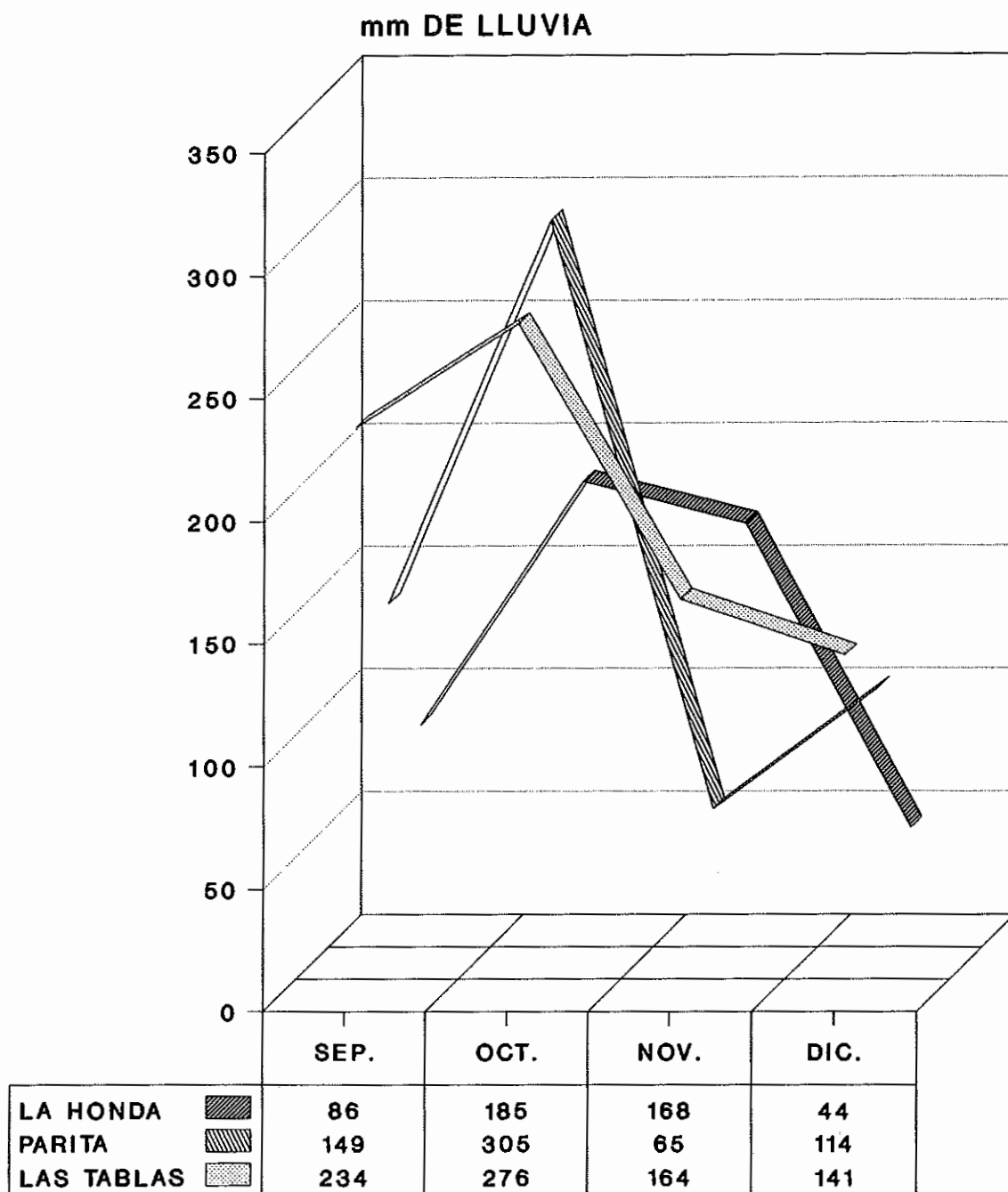


FIGURA 2. EVALUACION DE LA RESPUESTA AL N Y P EN TRES LOCALIDADES DE AZUERO ECUACION DEL NITROGENO, PANAMA. 1990

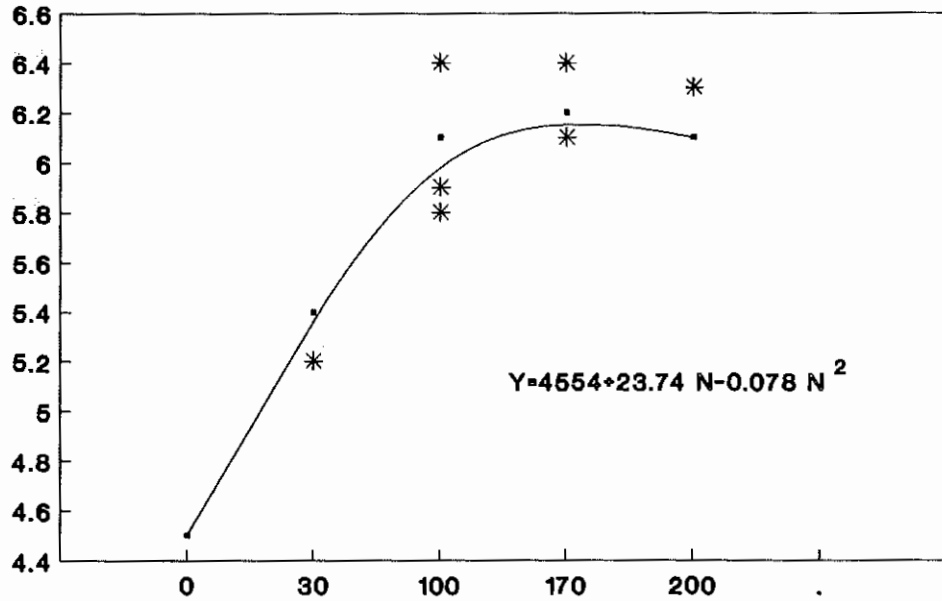
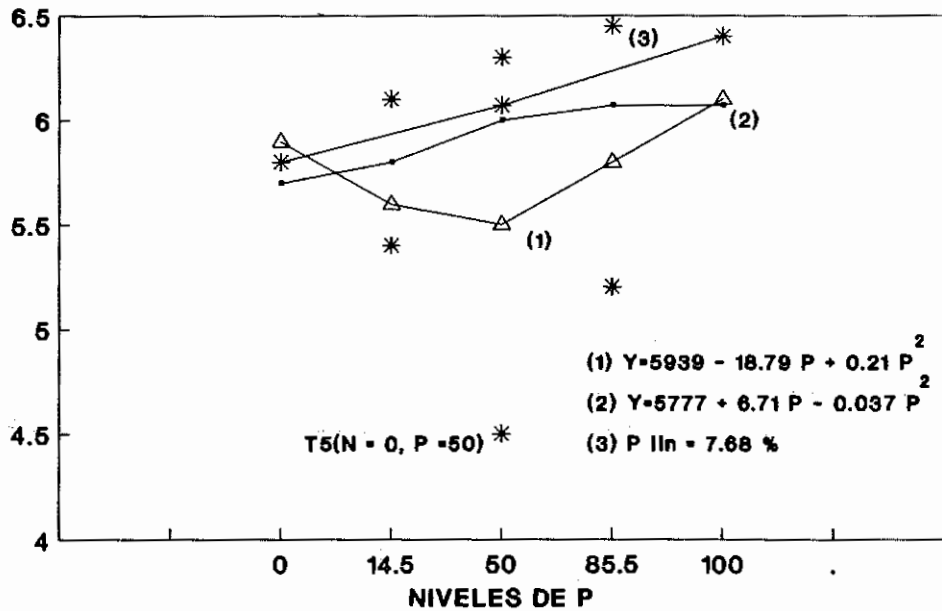


FIGURA 3. EVALUACION DE LA RESPUESTA AL N Y P EN TRES LOCALIDADES DE AZUERO CURVA DE FOSFORO, PANAMA. 1990



**EVALUACION DE FUENTES Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO EN EL CULTIVO DE MAIZ Y SU EFECTO RESIDUAL EN DOS LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMA**

**R. Gordón M.<sup>1</sup>; A. González, J. Franco<sup>2</sup>; N. De Gracia<sup>3</sup>; A. de Herrera<sup>4</sup>; W. Raun<sup>5</sup>.**

**RESUMEN**

Dos ensayos fueron realizados en 1990, en el área de Azuero para observar la respuesta residual al fósforo en el cultivo de maíz variando fuentes, métodos de aplicación y dosis. Los tratamientos en 1989 consistieron de un factorial completo que incluyeron tres fuentes (roca fosfórica, fórmula y super fosfato Triple), dos métodos (voleo y chuzo) y dos dosis (30 y 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) de aplicación de fósforo. Adicionalmente se incluyó otros tratamientos para evaluar el efecto de combinar el CASO<sub>4</sub> (yeso) con el P juntos en una misma banda y para medir la respuesta del azufre. En 1990 a las parcelas sólo se les aplicó 100 kg de N<sub>2</sub>/ha, con el fin de observar el efecto residual de los tratamientos.

La respuesta al fósforo fue altamente significativa mostrando incrementos en rendimiento de 0.3 hasta 0.8

ton/ha, dependiendo de la localidad y el tratamiento; siendo la dosis de 60 kg superior física y económicamente (mayores Beneficios Netos) a la de 30 Kg, con excepción de la Roca. Con la aplicación de 60 kg de P utilizando la fórmula se obtuvo el mayor Beneficio Neto y una Tasa Marginal de Retorno (398

%) que supera ampliamente la Tasa Mínima de Retorno de los agricultores. No hubo diferencias significativas entre las fuentes evaluadas. El testigo del agricultor superó la fórmula, y al 10% de probabilidad a la roca; sin embargo, la evaluación económica conjunta de los dos ciclos indica que la práctica del agricultor fue dominada por los tratamientos de 60 kg de P al voleo, esto se atribuye a que la roca tiene una disolución mas lenta que las otras dos fuentes, por lo que queda más disponible con el tiempo que éstas. También se observó que al aplicar el

---

1     **Ing. Agrónomo, MSc. IDIAP**

2     **Agrónomos. IDIAP**

3     **Ing. Agrónomo. IDIAP**

4     **Lic. Economía. MSc. IDIAP. Centro Regional de Azuero**

5     **PhD. CIMMYT**



fósforo al voleo (en este caso fue una banda localizada pero no incorporada) se superó al tratamiento a chuzo.

No se observó un efecto residual significativo de haber aplicado el yeso junto con el fósforo (chuzo). El efecto de aplicar el S fue significativo cuando se comparó con el tratamiento de fórmula al voleo y azufre al voleo versus fórmula sin azufre.

### INTRODUCCION

El cultivo de maíz es uno de los cultivos más importantes de la región de Azuero. En 1988 se sembraron alrededor de 9,000 hectáreas en la segunda época (agosto-diciembre), generando un monto aproximado de 6.5 millones de balboas, equivalentes a la generación de ingresos brutos totales, en concepto de mano de obra, transporte en la producción de este rubro.

Según estudios realizados en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), se ha podido determinar que la mayoría de los suelos en Panamá tienen niveles bajos de fósforo y se espera que den una respuesta positiva a la aplicación de este elemento, Name y Cordero (1987). Experimentos de campos realizados en varios países de Centro América han demostrado incrementos en rendimiento de maíz cuando SFT y yeso se aplicaron en forma conjunta en una banda localizada al lado de la

planta, Gordón et al. (1990).

Entre los objetivos de este experimento están los de evaluar la roca fosfórica como fuente alterna de fósforo y evaluar su eficiencia con respecto al super fosfato triple. Esta fuente tiene ciertas ventajas en suelos ácidos, ya que, es 50% más barata que las fuentes tradicionales de este elemento (super fosfato triple). Además, se desea evaluar las diferencias entre el método de aplicación de las diferentes fuentes utilizadas; dos dosis de los otros métodos empleados; evaluar el efecto residual de aplicar el yeso junto al fósforo en una misma banda y realizar el análisis económico conjunto de los dos ciclos del cultivo.

El efecto de absorción y fijación de fósforo depende de muchos factores. Así tenemos que Miller et al. (1970), demostraron que la disminución del pH en la rizósfera como un resultado de las entradas de  $\text{NH}_4$ , podría aumentar la relación de  $\text{H}_2\text{PO}_4/\text{HPO}_4 =$ , y así incrementar la disponibilidad del fósforo. Trabajos realizados por Savant y Racz (1972), informan y discuten sobre los productos de reacción de fósforo, principalmente los productos intermedarios, los cuales pueden estar disponibles con el tiempo. Entre estos productos intermedarios podemos mencionar al fosfato dicálcico dihidratado (DCPD), el cual fue encontrado en suelos que tenían una relación de calcio y magnesio

soluble en agua de 1.5 o más, que cuando los ortofosfatos fueron añadidos en suelos que variaban los niveles de Ca y Mg, Racz y Soper (1967). Bonilla et al. (1990) encontraron que el fósforo extraído por el Método de Nelson fue fuertemente afectado por la aplicación de yeso y urea a la dosis constante de P en diferentes tiempos de incubación, mientras que el método de Olsen fue afectado especialmente a los 15 días de incubación, dependiendo en ambos casos de los productos de reacción dentro de la banda en función de otros cationes que pueden estar presentes durante las reacciones; considerándose como posible el bloqueo de los sitios de adsorción de los minerales de arcilla por sulfatos.

#### MATERIALES Y METODOS

Se realizó dos ciclos de un experimento en la región de Azuero, República de Panamá. El primer ciclo se sembró de agosto a diciembre de 1989 (época lluviosa) y un segundo ciclo, en la misma época. Las localidades que se escogieron fueron las de Parita y La Honda. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de las unidades experimentales consistió de una parcela de cuatro surcos de 5 m de largo. La población de maíz en ambos ciclos fue de aproximadamente 53,000 plantas/ha; ésto se consiguió con una distancia de siembra de 0.75 m entre hileras y

0.50 m entre golpes. En cada golpe se dejó dos plantas. El cultivar utilizado fue el X-3214, el cual fue tratado con el insecticida furatiocarb, a razón de 10 gr i.a./kg semilla. El control de malezas se realizó con la aplicación de la mezcla de atrazina más pendimentalina en dosis de 2.0 + 2.0 l/ha, con posteriores limpiezas manuales, por escapes del control de algunas malezas. En las dos áreas se realizó una clasificación taxonómica del suelo y los dos resultaron ser del orden Alfisol sub-orden ustalf.

En el ciclo 89, las fuentes de fósforo evaluadas fueron: roca fosfórica (RF) (0-30.5.-0); fórmula (FOR) (15-30-8) y super fosfato triple (SFT) (0-46-0). Se evaluaron dosis de 30 y 60 kg de  $P_2O_5$ /ha y se utilizaron dos métodos de aplicación, uno al voleo en forma superficial sobre la hilera del maíz (no incorporada) al momento de la siembra y otro aplicado en banda (chuzo) también a la siembra. Además, de la combinación de esos 12 tratamientos (factoriales), se añadieron al diseño siete tratamientos no factoriales, entre los que tenemos:

- a. Un tratamiento sin fósforo, con 40 kg de S/ha aplicado al voleo.
- b. 30 kg de  $P_2O_5$ /ha como RF y SFT, más 50 kg de nitrógeno/ha (aplicados juntos en una banda) y 40 kg de azufre como  $CaSO_4$  aplicado al voleo

- al momento de la siembra (dos tratamientos).
- c. 30 kg de  $P_2O_5$ /ha con la tres fuentes de fósforo más 50 kg de nitrógeno/ha, sin azufre (tres tratamientos).
- d. Un testigo con la práctica del agricultor, que consistió en la aplicación de 227 kg de 15-30-8/ha al momento de la siembra, más 182 kg de nitrógeno/ha en forma de urea, a los 35 días después de la siembra (DDS).

Todos los tratamientos factoriales llevaban 40 kg de S/ha en forma de yeso ( $CaSO_4$ ), 50 kg de N/ha aplicados al momento de la siembra más 50 kg de N/ha en forma de urea 35 días después de la siembra (Cuadro 1). En la localidad de Parita la preparación del suelo consistió de un pase de arado y dos pases de rastra (labranza convencional). En La Honda se chapeó y quemó la maleza con el herbicida paraquat (labranza de conservación).

Para el segundo ciclo (90) las parcelas del ensayo se dejaron marcadas desde el año anterior y se procedió a sembrar el maíz sobre la misma línea (tratando de que los golpes coincidieran). La fertilización consistió de la aplicación de 100 kg de nitrógeno en dos partes, 50% al momento de la siembra y el resto a los 35 dds. La parcela del agricultor consistió al igual que el ciclo anterior de la aplica-

ción de 227 kg de 15-30-8/ha al momento de la siembra, más 227 kg de nitrógeno/ha en forma de urea, a los 35 DDS. El tipo de labranza para ambas localidades fue el de Conservación.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Primer ciclo (1989)

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del rendimiento de maíz en las dos localidades y el combinado.

Se observó que el rendimiento en grano (ton/ha) de maíz de cada uno de los tratamientos no fue similar en las diferentes localidades. Se demostró que en todas las localidades hubo una respuesta significativa a las aplicaciones de fósforo, ya que, tanto los niveles de 30 como de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha (T3, T4, T7, T8, T11, T12), superaron significativamente al tratamiento que no se aplicó fósforo (T13). El nivel de 60 kg superó significativamente al nivel de 30 kg (Cuadro 5).

En la localidad de Parita se observó una mayor eficiencia en el uso de las fuentes a base de FOR y SFT sobre la RF (Cuadro 4). Aunque en esta localidad el pH del suelo fue el más bajo (5.7) en comparación a las otras localidades el efecto positivo de la RF no se observó como en los trabajos realizados por Sánchez, (1988). Se esperaba que la acidez del suelo aumentaría la disponibilidad del fósforo en la RF, especialmente cuando se aplica al voleo. En

general si se demostró que el efecto positivo de haber aplicado la RF al voleo, en comparación a la aplicación de esa fuente a chuzo. Se observó que en Las Tablas y Parita, la aplicación del yeso junto con la RF cuando la dosis fue de 30 kg/ha resultó que los rendimientos de estas parcelas no superaban al testigo sin fósforo. Se conoce también que la disponibilidad de la RF es baja, y si a esto le añadimos que se aplicó junto en la banda con una fuente de cal, lo poco del fósforo que se hubiera liberado hubiera sido fijado en otros complejos de calcio, que no son disponibles inmediatamente a las plantas.

En relación al testigo con la práctica del agricultor, éste produjo más que los tratamientos con roca fosfórica, pero no difirió estadísticamente cuando se usaron las otras dos fuentes. Cuando se combinó las localidades de Parita y La Honda el análisis demostró que éste no superó el tratamiento cuando se aplicó 30 kg/ha de fórmula al voleo el cual demuestra mayor eficiencia (económica y de uso del fertilizante) que la práctica utilizada por el (Cuadro 5).

Se encontró en las localidades de Parita y La Honda que la aplicación de fósforo al voleo en forma superficial supero la aplicación de fósforo a chuzo (Cuadro 6). Esto es posible debido a que el método de aplicación (voleo) al ser localizado podría mejorar que las raíces

tuvieran un mayor contacto con este elemento. El yeso utilizado en los tratamientos a chuzo fue en forma pura (no hidratado), el cual podría haber afectado la disponibilidad del fósforo. Resultados del ciclo anterior (segunda época de siembra en 1988) demostraron que el beneficio de aplicar el yeso junto con el fósforo en una misma banda fue superior que aplicarlo en forma separada. La diferencia en los resultados de este año se podrían deber a que en 1989 las lluvias fueron más escasas que en 1988.

Otros trabajos realizados en Guatemala, Taun *et al.* (1988), han atribuido el efecto positivo en el rendimiento de maíz de aplicar yeso y fósforo juntos con una misma banda, a un efecto de precipitación del fósforo en un complejo de fosfato dicálcico dihidratado (DCPD) y fosfato dicálcico (DCP), los cuales son formas no fijadas pero lentamente disponible de fósforo a un pH bajo. Es importante notar que este trabajo hecho este tipo de aplicación, lo cual resalta la importancia de ver el comportamiento residual de este complejo precipitado el fósforo con otros cationes como el hierro y el aluminio no podría estar disponible para las siembras en otros ciclos posteriores. A pesar de que no fue significativo el efecto de aplicar el fósforo junto al yeso en una misma banda, con respecto de aplicar el yeso al voleo y el fósforo en banda, sí se pudo notar que se presentó una tendencia de reducir los

rendimientos cuando se utilizó el primer método. Si este efecto se debió a la precipitación de los complejos DCPD y DCP, se espera medir el efecto positivo de la formación de estos, en ciclos posteriores de siembra, la disolución lenta de estos complejos aumentaría la disponibilidad del fósforo para las plantas.

En cuanto al azufre, al comparar los tratamientos con aplicaciones a chuzo (T14, T15) contra aquellos que se aplicó al voleo (T2, T10) no hubo diferencias significativas (Cuadro 4). También se determinó que no hubo respuesta a la aplicación de este elemento.

#### **Segundo ciclo (1990)**

La respuesta al fósforo fue altamente significativa mostrando incrementos en rendimientos de 0.3 hasta 0.8 ton/ha, dependiendo de la localidad y el tratamiento. La dosis de 60 kg fue superior físicamente a la de 30 kg (Cuadro 3). En el análisis combinado no hubo diferencias significativas entre las fuentes evaluadas. El testigo del agricultor superó la fórmula, y al 10% de probabilidad a la roca Cuadro 4.

El análisis económico que relaciona los beneficios y costos que varían en cada alternativa tecnológica, se efectuó de manera conjunta incorporando los dos ciclos evaluados, es decir, considerando la sumatoria de los costos que varían y los

beneficios del primer ciclo más los costos y beneficios actualizados (utilizando una tasa de descuento del 15% que corresponde al costo del capital en el área) del ciclo residual. En los Cuadros 6 y 7, se presenta el detalle de los beneficios y costos, estimados estos últimos marginales presentados en el Cuadro 8, fue realizado solamente con los tratamientos factoriales, la práctica del agricultor y el tratamiento sin fósforo (T13).

Los resultados de este último análisis nos indica que la aplicación de fósforo es económicamente rentable, medido a través de los mayores beneficios netos de las alternativas evaluadas respecto al nivel cero (T13). (Cuadro 8). Respecto a los niveles de fósforo evaluados se encontró que el uso de 30 kg/ha de roca fosfórica, superó económicamente (mayores beneficios netos a la aplicación de 60 kg/ha de R.F.; sin embargo, la dosis de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha, utilizando super fosfato triple y fórmula se obtuvo el mayor beneficio neto y una tasa marginal de retorno de (398%), que supera ampliamente la Tasa Mínima de Retorno de los agricultores del área.

A pesar de que la práctica del agricultor de aplicar 227 kg de 15-30-8 y 227 kg de urea (T19) superó en rendimientos a los tratamientos con super fosfato triple, fórmula y roca fosfórica, la evaluación económica conjunta de los dos

ciclos, indica que esta alternativa fue dominada por los T7 y T11 (60 kg/ha de fósforo al voleo con SFT y FOR, los cuales implicaron mayores beneficios netos a menores costos varibales, tal como se observa en el Cuadro 8. Las conclusiones en la evaluación económica realizada, no difieren al considerar precios alternativos más altos (B/.0.60/kg) para la roca fosfórica.

La roca al voleo superó a la fórmula a chuzo y al SFT al voleo, esto se atribuye a que la roca tiene una disolución más lenta que las otras dos fuentes, por lo que queda mas disponible con el tiempo que éstas. También se observó que al aplicar el fósforo al voleo (en este caso fue una banda localizada pero no incorporada) se superó al tratamiento a chuzo. En general las aplicaciones de fósforo al voleo, pra todas las fuentes evaluadas registraron mayores beneficios netos que las aplicaciones a chuzo. No se observó un efecto residual significativo de haber aplicado el yeso junto con el fósforo (chuzo). El efecto de aplicar el S fue significativo cuando se comparó con el tratamiento de fórmula al voleo y azufre al voleo versus fórmula sin azufre (Cuadro 5).

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Tanto el SFT como la For superaron significativamente a la RF.

No hubo diferencias altamente significativas entre las fuentes de SFT y la FOR.

Hubo respuesta significativa a la aplicación de fósforo tanto a niveles de 30 y 50 kg/ha, y económicamente implicaron mayores beneficios netos respecto al tratamiento sin este elemento.

La aplicación de fósforo al voleo superó física y económicamente a las aplicaciones a chuzo, tanto en el primer ciclo como en el ciclo residual.

Tanto la RF como la FOR aplicado al voleo superaron a las aplicaciones de estas fuentes a chuzo, pero no hubo diferencias cuando la fuente fue SFT.

En el análisis de los dos ciclos por separado el testigo del agricultor (227 kg/ha de 15-30-8) superó a todos los tratamientos. Pero al realizar el análisis económico de ambos en conjunto, el T.Agr fue dominado por el tratamiento de 60 kg de P/ha al voleo con las fuentes de SFT y FOR.

No hubo respuesta a la aplicación de azufre aplicado a chuzo y al voleo con respecto a los tratamientos que no llevaban este elemento.

No hubo diferencias significativas de aplicar el yeso junto al fósforo en una misma banda en comparación de aplicarlos separados.

## BIBLIOGRAFIA

- BONILLA, S; C DE ASTURIAS,; W. RAUN; Y H. BARRETO. 1990.** Disponibilidad del fósforo en bandas localizadas de superfosfato triple y yeso en un Vistrandept Molico utilizando dos métodos de extracción. En: Compilación de Trabajos Presentados durante el II Taller Latinoamericano de Manejo de Suelos Tropicales, San José, Costa Rica. 9 al 13 de Julio pag. 33-42.
- CIMMYT. 1988.** La formulación de recomendaciones a partir de datos agrómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada México D.F. México: CIMMYT 79 p.
- GORDON, R.; W. RAUN.; H. BARRETO y T. J. SMYTH. 1990.** Evaluación de fuentes y métodos de aplicación de fósforo en el cultivo de maíz en 17 localidades de Centro América, 1989. En: Compilación de Trabajos Presentados durante el II Taller Latinoamericano de Manejo de Suelos Tropicales. San José, Costa Rica. 9 al 13 de Julio pag 73-84.
- NAME, B. y A. CORDERO. 1987.** Recomendación para la fertilización de suelos. hojas guías para el cultivo. En: Compendio de los Resultados de Investigación Presentados en la Jornada Científica. IDIAP. Región Central. 22 p.
- MILLER, M. H.; C. P. MARMIL y G. J. BLAIR. 1970.** Ammonium effects on phosphorus absorption through pH changes and phosphorus precipitation at the soil-root interface. Agron. J. 62:524-527.
- RACZ, G. J. y R. J. SOPER. 1967.** Reaction products of orthophosphates in soils containing varying amounts of calcium and magnesium, Can, J, Soil Sci, 47:223-230.
- RAUN, W.; B. MOSCOSO; C. PEREZ; N. SOTO; L. LARIOS y H. J. BARRETO. 1988.** Maize Yield Response in a Volcanic Ash Derived Soil as Affected by Sulfur, Phosphorus and Nitrogen Applications. 14 p.
- SANCHEZ, P. A. 1981.** Suelos del Trópico, Características y Manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- SAVANT, N. K. y G. J. RACZ. 1973.** Reaction products of applied pyrophosphates in some manibota soils. Can J. Soil Sci. 53:111-117.

CUADRO 1. ESTRUCTURA DE TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN LA EVALUACION DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAIZ A LA APLICACION DE FOSFORO Y AZUFRE Y SU EFECTO RESIDUAL EN DOS LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMA, 1990.

Trat	Fuente de P	Método de aplic. de P	Método de aplic. de S	Dosis de P kg/ha	Dosis de S kg/ha
1	RF	V	V	30	40
2	RF	CH	CH	30	40
3	RF	V	V	60	40
4	RF	CH	CH	60	40
5	FOR	V	V	30	40
6	FOR	CH	CH	30	40
7	FOR	V	V	60	40
8	FOR	CH	CH	60	40
9	SFT	V	V	30	40
10	SFT	CH	CH	30	40
11	SFT	V	V	60	40
12	SFT	CH	CH	60	40
13	0 P			0	0
14	RF	CH	V	30	40
15	SFT	CH	V	30	40
16	SFT	CH		30	0
17	RF	CH		30	0
18	FOR	CH		30	0
19	TEST. AGR.			6B	0

RF= roca fosfórica; FOR= fórmula; SFT= superfosfato triple.

NOTAS: V= voleo; CH= chuzo

CUADRO 2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS, AZUERO, PANAMA, 1990.

Localidad	pH	P ug/ml	Ca	Mg meq/100 ml	Al	% M.O.	Text.
Parita	5.3	2.50	1577	253	6.0	3.00	FARC
Las Tablas	5.2	2.50	1748	734	6.0	2.90	FARC
La Honda	5.8	4.23	1165	405	6.0	2.30	FARC

pH - 1:2.5 (agua)  
P - Melich 1  
Ca, Mg - KCl IN  
M.O. - Walkley y Balck  
Text. - Bouyucos



CUADRO 3. MEDIAS DEL RENDIMIENTO DE MAIZ TOMADOS DE DOS LOCALIDADES, PANAMA, 1989-1990.

Trat	Fuente de P	Dosis de P kg/ha	Rendimiento ton/ha					
			Parita		La Honda		Combinado/loc	
			1989	1990	1989	1990	1989	1990
1	RF	30	5.31	6.48	5.06	5.49	5.20	5.99
2	RF	30	4.00	5.41	4.88	5.55	4.44	5.48
3	RF	60	4.83	6.04	5.05	6.15	4.94	6.10
4	RF	60	4.54	5.86	4.45	5.53	4.50	5.70
5	FOR	30	5.70	5.66	5.18	5.58	5.44	5.62
6	FOR	30	5.02	5.61	4.76	5.44	4.89	5.53
7	FOR	60	6.28	6.56	5.71	5.91	6.00	6.24
8	FOR	60	5.05	5.65	4.49	5.27	4.77	5.46
9	SFT	30	5.06	5.48	4.75	5.02	4.91	5.25
10	SFT	30	5.64	5.87	4.70	5.59	5.17	5.73
11	SFT	60	6.44	6.12	5.60	5.97	6.02	6.05
12	SFT	60	6.24	5.56	4.83	6.05	5.54	5.81
13	O P		4.10	5.18	5.07	5.23	4.59	5.21
14	RF	30	4.44	5.53	4.34	5.57	4.39	5.55
15	SFT	30	5.81	6.19	5.11	5.59	5.46	5.89
16	SFT	30	6.18	6.63	4.26	5.12	5.22	5.88
17	RF	30	4.75	5.48	5.63	5.61	5.19	5.55
18	FOR	30	5.38	5.67	5.91	5.04	5.65	5.36
19	TEST. AGR.	60	6.15	6.19	5.43	6.43	5.79	6.31

RF= roca fosfórica; FOR= fórmula; SFT= superfosfato triple;  
OS, OP= sin aplicación de S y P respectivamente

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA DE TODOS LOS TRATAMIENTOS POR LOCALIDAD, AZUERO, PANAMA. 1989-1990.

Fuente de Variación	g.l.	Cuadrados Medios				
		Parita		La Honda		Combinado
		1989	1990	1989	1990	1990
Repetición	2	2.33	3.41 **	6.66 **	1.32 **	
Tratamiento	19	1.66 †	0.84 a	0.53 †	0.61	0.55 a
Localidad						0.59
Loc † Trat						0.31
Población †(Cov.)						8.22 **
C.V.		18.0	11.9	10.6	11.9	10.5
<b>Contrastes</b>						
1. 5 vs 19	1	0.31	0.38	0.09	1.19 a	1.47 †
2. 1,2,3,4 vs 19	1	5.26 **	0.72	0.77 a	1.09	1.06 a
3. 14,15 vs 2,10	1	0.28	0.18	0.01	0.06	0.01
4. 1,2,5,6,9,10 vs 13	1	2.66 a	0.99	0.08	2.71 **	2.54 **
5. 3,4,7,8,11,12 vs 13	1	5.48 †	0.36	0.01	1.22 a	0.89
6. 14,15 vs 3,11	1	0.77	0.54	1.09 †	2.21 †	1.70 †
7. 16,17,18 vs 2,6,10	1	1.36	0.53	0.11	0.54	0.01
8. 3,7,11 vs 4,8,12	1	1.47	2.49 †	3.38 **	1.06 a	1.89 †
9. 1,5,9, vs 2,6,10	1	0.99	0.80	0.22	0.60	0.01
10. 5,7 vs 6,8,	1	2.74 a		2.01 **		0.97 a
11. 1,2,5,6,9,10 vs 3,4,7,8,11,12	1		0.54		1.01 a	1.49 †

gl - Grados de libertad

a, †, \*\* - Significativo al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

C.V. - Coeficiente de variación

Cov. - Covariable

Explicación de contrastes:

1. FOR V 30 vs Testigo Agricultor
2. RF(Todas) vs Testigo Agricultor
3. P,S-Chuzo vs P-Chuzo, S-Voleo
4. 30 P(Todas) vs O-P
5. 60 P(Todas) vs O-P
6. P,S-Voleo vs P-Chuzo, S-Voleo
7. O-S vs 40-S
8. 60-Voleo vs 60-Chuzo
9. 30-Voleo vs 30-Chuzo
10. FOR-Voleo vs FOR-Chuzo
11. 60 P vs 30 P

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DE LAS LOCALIDADES DE PARITA Y LA HONDA, DE LOS TRATAMIENTOS FACTORIALES (1-12), AZUERO PANAMA. 1989-1990.

Fuente de Variación	g.l.	Cuadrados Medios	
		1989	1990
Loc (L)	1	2.65 †	0.20
Rep (R)	4	3.43	2.09 ††
Fuente (F)	2	2.71 ††	0.14
Dosis (D)	1	1.47 a	1.49 †
Método (M)	1	5.11 ††	1.01 a
F†D	2	1.08	0.13
F†M	2	0.93	0.56
D†M	1	0.63	0.89 a
F†D†M	2	0.52	0.31
Población (Cov)			6.88
C.V.		13.5	10.5
<b>Contrastes</b>			
RF vs FOR,SFT	1	5.21 ††	1.12 a
SFT vs RF,FOR†(M)	1	1.62 a	0.28
SFT vs RF,FOR†(L)	1	2.16 †	0.28
SFT vs RF,FOR†(D)	1	1.86 a	0.21

gI - Grados de libertad

a, †, †† - Significativo al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

C.V. - Coeficiente de variación

Cov. - Covariable

CUADRO 6. DESCRIPCION DE LOS COSTOS VARIABLES EN BALBOAS POR HECTAREA DEL ENSAYO DE EVALUACION DE DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO Y SU EFECTO RESIDUAL EN MAIZ, AZUERO, PANAMA. 1989-1990.

Trat.	Primer Ciclo (1989)					Segundo Ciclo (1990)				
	Costo del Fósforo (1)	Costo del CaSO <sub>4</sub> (2)	Costo del N (3)	Costo de Aplic. P y S (4)	Costo de Segunda Aplic. N	Costos Variables	Costo de Nitrogeno	Costo de Aplic. N	Costos Variables	Costo de Aplic. N
1	7.80	10.80	60.00	6.00	3.00	87.60	60.00	5.00	65.00	5.00
2	7.80	10.80	60.00	0	3.00	81.60	60.00	5.00	65.00	5.00
3	15.60	10.80	60.00	6.00	3.00	95.40	60.00	5.00	65.00	5.00
4	15.60	10.80	60.00	0	3.00	89.40	60.00	5.00	65.00	5.00
5	30.30	10.80	51.00	6.00	3.00	101.10	60.00	5.00	65.00	5.00
6	30.30	10.80	51.00	0	3.00	95.10	60.00	5.00	65.00	5.00
7	60.60	10.80	42.00	6.00	3.00	122.40	60.00	5.00	65.00	5.00
8	60.60	10.80	42.00	0	3.00	116.40	60.00	5.00	65.00	5.00
9	23.70	10.80	60.00	6.00	3.00	103.50	60.00	5.00	65.00	5.00
10	23.70	10.80	60.00	0	3.00	97.50	60.00	5.00	65.00	5.00
11	47.40	10.80	60.00	6.00	3.00	127.20	60.00	5.00	65.00	5.00
12	47.40	10.80	60.00	0	3.00	121.20	60.00	5.00	65.00	5.00
13	0	10.80	60.00	0	3.00	73.80	60.00	5.00	65.00	5.00
14	7.80	10.80	60.00	5.00	3.00	86.60	60.00	5.00	65.00	5.00
15	23.70	10.80	60.00	5.00	3.00	102.50	60.00	5.00	65.00	5.00
16	23.70	0	60.00	0	3.00	86.70	60.00	5.00	65.00	5.00
17	7.80	0	60.00	0	3.00	70.80	60.00	5.00	65.00	5.00
18	30.30	0	51.00	0	3.00	84.30	60.00	5.00	65.00	5.00
19	0	0	0	0	4.00	122.83			136.35	

- (1) El precio monetario de campo de un kg de Fósforo fue de: B/.0.26 para La Roca Fosfórica, B/.0.79 para el Super Fosfato Triple y B/.1.01 para la Fósforita.
- (2) El precio monetario de campo de un kg de CaSO<sub>4</sub> fue de B/.0.27
- (3) El precio monetario de campo de un kg de N<sub>2</sub> fue de B/.0.60
- (4) Cuando el método de aplicación del P y S fue a chuzo se consideró que el costo está incluido en la aplicación del abono completo (realizado al momento de la siembra) y no representa costo adicional de la alternativa.
- (5) Actualizado a una tasa de descuento del 15%

CUADRO 7. BENEFICIO Y COSTOS EN BALBOAS POR HECTAREA DEL ENSAYO DE EVALUACION DE DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO Y SU EFECTO RESIDUAL EN EL CULTIVO DE MAIZ EN AZUERO, PANAMA 1989-1990.

Trat.	Primer Ciclo (1989)			Segundo Ciclo (1990)			
	Beneficio Bruto (1)	Costos Variables	Beneficio Neto (2)	Beneficio Bruto (1)	Beneficio Bruto Actual (3)	Costos Variables Actual	Beneficio Neto Actual (3)
1	888.35	87.60	800.75	1023.26	889.79	56.52	833.27
2	759.24	81.60	677.64	944.95	821.70	56.52	765.18
3	844.74	95.40	749.34	1042.59	906.60	56.52	850.08
4	768.65	89.40	679.25	978.29	850.69	56.52	794.17
5	930.24	101.10	829.14	958.63	833.59	56.52	777.07
6	836.19	95.10	741.09	947.34	823.77	56.52	767.25
7	1025.15	122.40	902.75	1065.33	926.37	56.52	869.85
8	825.67	116.40	699.27	932.98	811.29	56.52	754.77
9	838.76	103.50	735.26	894.33	777.68	56.52	721.16
10	884.07	97.50	786.57	976.58	849.20	56.52	792.68
11	1029.42	127.20	902.22	1031.30	896.78	56.52	840.26
12	946.49	121.20	825.29	990.09	860.95	56.52	804.43
13	784.04	73.80	710.24	892.79	776.34	56.52	719.82
14	750.69	86.60	664.09	949.05	825.26	56.52	768.74
15	933.66	102.50	831.16	1007.87	876.41	56.52	819.89
16	892.62	86.70	805.92	1000.69	870.17	56.52	813.65
17	887.49	70.80	816.69	956.75	831.96	56.52	775.44
18	879.80	84.30	795.50	915.36	795.97	56.52	739.45
19	990.09	122.83	867.26	1078.16	937.53	118.56	818.97

(1) Es igual al rendimiento promedio ajustado (al 10%) multiplicado por el precio de campo del maíz (B/.0.19/kg)

(2) Es igual al beneficio bruto menos los costos variables.

(3) Actualizado a una tasa de descuento de 15%.

CUADRO 8. ANALISIS ECONOMICO MARGINAL CONJUNTO (DOS CICLOS) DEL ENSAYO Y EVALUACION DE DOSIS Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO Y SU EFECTO RESIDUAL EN EL CULTIVO DE MAIZ EN AZUERO, PANAMA. 1989-1990.

Trat.	Beneficio Bruto (1)	Costos Variables	Beneficio Neto (2)	Análisis de Dominancia (3)	Tasa Marginal de Retorno %
13	1561.23	130.32	1430.91		
2	1580.93	138.12	1442.81		153
1	1778.99	144.12	1634.87		3201
4	1620.19	145.92	1474.27	d	
6	1659.96	151.62	1508.34	d	
3	1751.34	151.92	1599.42	d	
10	1733.27	154.02	1579.25	d	
5	1763.83	157.62	1606.21	d	
9	1617.29	160.02	1457.27	d	
8	1626.95	172.92	1454.03	d	
12	1808.29	177.72	1630.57	d	
7	1952.37	178.92	1773.45		398
11	1926.20	183.72	1742.48	d	
19	1927.62	241.40	1686.22	d	

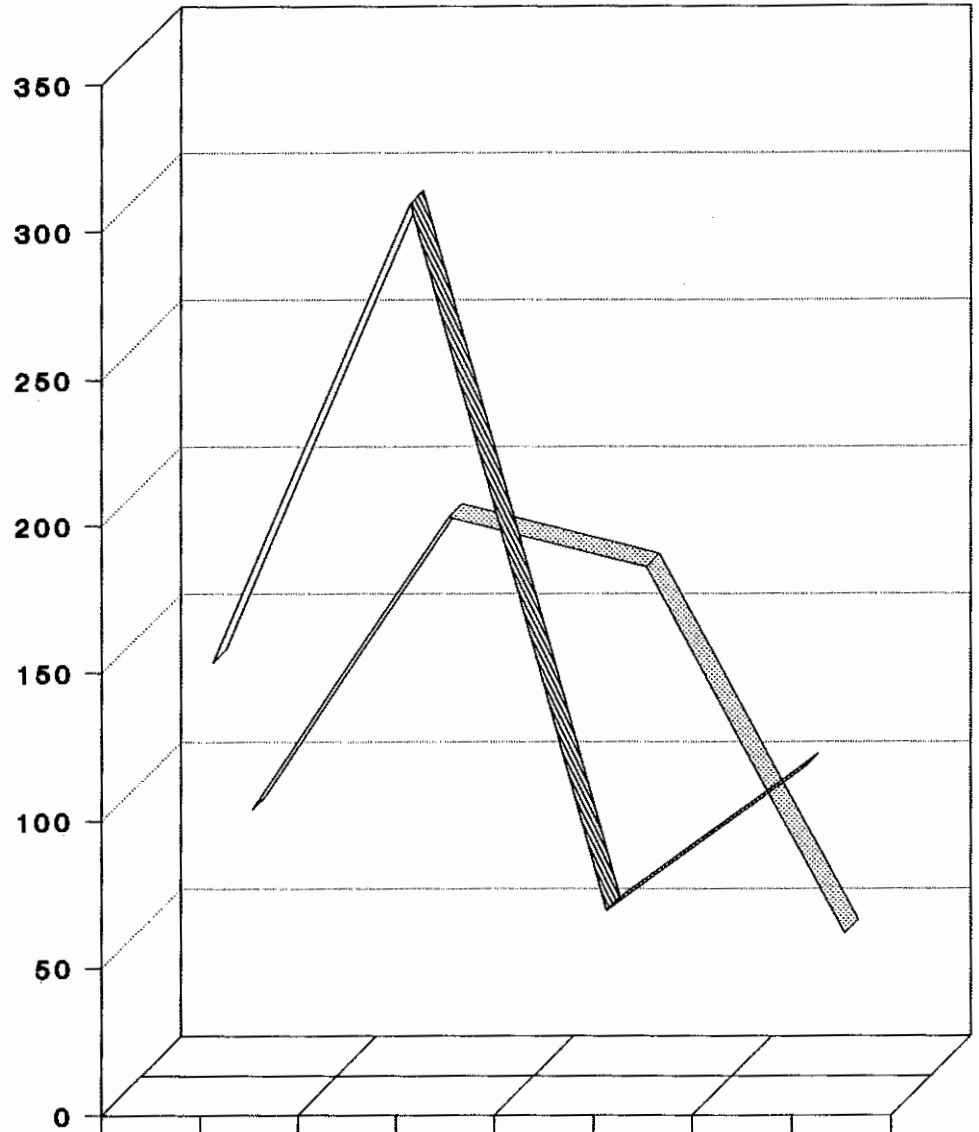
(1) Es igual al rendimiento promedio ajustado (al 10%) multiplicado por el precio de campo del maíz (B/.0.19/kg).

(2) Es igual al beneficio bruto menos los costos variables.

(3) d= Tratamiento dominado.

## PRECIPITACION PLUVIAL EN PARITA Y LA HONDA, PANAMA. 1990.

mm DE LLUVIA



LA HONDA		86	185	168	44
PARITA		149	305	65	114

# LA CONCENTRACION FOLIAR DEL NITROGENO Y SU RELACION CON LOS RENDIMIENTOS DEL MAIZ (*Zea mays*, L.)

V. Marrero González, J. De J. Guzmán <sup>1</sup>  
N. Arozarena <sup>2</sup>

## RESUMEN

La necesidad de conocer la demanda de nitrógeno de los cultivos agrícolas para agotar las posibilidades de incrementar los rendimientos y mejorar la calidad de las cosechas con una adecuada fertilización, nos llevó al estudio de la respuesta del cultivo del maíz (*Zea mays*, L) en términos de rendimiento agrícola a niveles crecientes de nitrógeno (N) y su relación con los contenidos foliares de N a los 14, 28, 42, 56, 70 y 84 días de la germinación. Los resultados obtenidos demostraron que para una producción de 4,3 ton/ha de grano seco el cultivo requiere de una dosis máxima de 156 kg N/ha, y una concentración foliar de 3.0% alrededor de los 40 días. La mayor respuesta vegetal se obtuvo con los menores contenidos foliares que oscilan entre 2.29 y 3.15%.

## INTRODUCCION

En nuestras condiciones de suelo y clima se cuenta con información acerca del abastecimiento nutrimental

requerido para lograr rendimientos estables y satisfactorios en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.), pero se conoce poco sobre los índices de concentración foliar asociados a un nivel de respuesta, lo que no sólo impide el pronóstico de cosecha, sino que también limita la posibilidad de evaluar desórdenes nutrimentales y de prevenir trastornos fisiológicos derivados de prácticas de fertilización. Es por ello que el objetivo del trabajo esté encaminado a evaluar la relación entre la producción agrícola resultante de la fertilización nitrogenada y la concentración foliar de nitrógeno en plantas de maíz.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se desarrolló en época de frío, con la variedad San Gerónimo 8140 de alta calidad de proteína, en un suelo Ferralítico rojo compactado de altos contenidos de fósforo y potasio, > 30 y > 15 mg/100g de suelo respectivamente. Los trata-

---

<sup>1</sup> Ing. Agro. I.I.H. "Liliana Dimitrova", Carretera Bejucal-Quivicán, km 33 1/2 Quivicán, P. Habana Cuba.

<sup>2</sup> Ing. Agron. Instituto de Suelos del Ministerio de la Agricultura, La Habana Cuba.



mientos estudiados fueron: 0, 75, 150, 225 kg/ha de nitrógeno, distribuidos según diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. Se empleó un fondo fijo de 60 kg  $P_2O_5$  /ha y 80 kg  $K_2O$  /ha. La toma de muestras foliares se realizó a los 14, 28, 42, 56, 70 y 84 días de la germinación, considerando diez plantas por parcela; en el primer muestreo se tomó toda la parte aérea, las tres siguientes tomando las hojas superiores y los restantes considerando la hoja opuesta e inferior a la mazorca, determinando los contenidos de nitrógeno (%) mediante el método colorimétrico. Los datos se procesaron siguiendo la metodología de DOW, Dow y Roberts (1982).

#### RESULTADOS Y DISCUSION

La respuesta vegetal a los niveles de nitrógeno (N) se muestran en el Cuadro 1, donde en general para una producción de 4,3 ton/ha de grano seco el cultivo requirió, 156 kg/ha de N. La aplicación de niveles crecientes de N a dosis constantes de fósforo y potasio, ocasionó aumentos en la acumulación de nitrógeno foliar en cada momento de muestreo (Cuadro 2) y las ecuaciones que describen esa variación (Cuadro 3) muestran que la fluctuación en el tiempo de los contenidos foliares en este elemento refleja las etapas de mayor demanda por el vegetal y pueden describirse mediante modelos curvilíneos de aceptable coeficiente de determinación,

donde el mayor valor de concentración se estimó a los 40 días, coincidiendo con IAEA (1970) y WERNER (1985), los cuales señalaron a este período con una intensa extracción de N que puede llegar hasta un 90% de su valor total; se destaca además en este cuadro que la concentración vegetal del elemento oscila alrededor de un 3% que concuerda con DOW, Dow y Roberts (1982) y HOWELER (1983), para condiciones de toma de muestras similares.

Finalmente, en el Cuadro 4, se indican los valores de concentración de N estimados para el 90 y 100% del rendimiento relativo con rangos de 2.30 - 3.25 y 2.29 - 3.15 %, destacando que aunque no hay una marcada diferencia en los niveles de estimación para cada caso, se observa que la concentración que induce la mayor respuesta fue siempre la menor, esto coincide con ROBINSON (1973), el cual planteó de que la dosis máxima aplicada, que induce la mayor concentración no le corresponde el máximo rendimiento obtenido.

#### CONCLUSIONES

Las dosis de nitrógeno ejercieron un efecto positivo en el rendimiento agrícola, que alcanzó un valor máximo de 4,3 ton/ha, para una dosis estimada de 156 kg de N/ha.

El mayor valor de concentración de nitrógeno se estimó alrededor de los 40 días de la germinación de la semilla y fue de 3 y 3.5 % a

los niveles de 150 y 225 kg de N/ha, respectivamente.

En los diferentes momentos de muestreo la más alta respuesta vegetal se obtuvo con los menores contenidos foliares que oscilaron entre 2.29 y 3.15 por ciento.

#### BIBLIOGRAFIA

DOW, A. I. AND S. ROBERTOS. 1982. Proposed: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. Agronomy journal 74 (2): 401-403.

GAMBOA, A. 1980. La fertilización del maíz. Boletín II. Ed. For Instituto Internacional de la Potasa, - 5 p.

HOWELER, R. H. 1983. Análisis de tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales. En algunos cultivos tropicales, CIAT. Colombia. -- 20 p.

I.A.E.A. 1970. Fertilizer management practices for maize. Results of experiments with isotopos. Technical Reports. Series N° 121. 1970.

ROBINSON, R. G. 1973. Elemental composition and response to nitrogen of sunflower and corn. Agronomy Journal. 62 (2): 318-330.

WERNER, W. 1985. The effec. of N fertilization in connection with the use the nutricication inhibitors on maize (Problems of an optimum nutrient suppl to tropical crops); proc. 6th International Scientific Conference. Inst. of tropical Agric. Karl Marx, University: 78-87, 1985.

**EVALUACION DE FUENTES, NIVELES Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO Y RESPUESTA AL AZUFRE, EN LOS SISTEMAS MAIZ-FRIJOL Y MAIZ-SORGO EN LADERAS EL SALVADOR, 1990**

H. Sosa, V. Mendoza, A. G. Alvarado, S. Bonilla <sup>1</sup>  
W. Raun y H. Barreto <sup>2</sup>

**RESUMEN**

Se instalaron 3 ensayos de fuentes, niveles y métodos de aplicación de fósforo y respuesta al azufre, en las áreas de Metalio-Guaymango y Opico, en los cuales predomina el Sistema Maíz-Sorgo y Maíz-Frijol. Áreas fuertemente disecionadas con altitudes que van de 0-450 msnm, temperaturas de 20-35°C, precipitación de 1600-2000 mm, con pendientes que oscilan entre 30-90%. El objetivo de este trabajo fue: evaluar la respuesta de aplicar fósforo (30, 60 y 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), fuentes de fertilizantes (fórmula 16-20-0-FOR, triple super fosfato=TSP, roca fosfórica=RF) y métodos de aplicación (CH=chuzo, V=voleo y PS=postura Superficial), así como el efecto de combinar el azufre, 20 kg/ha (CaSO<sub>4</sub>) con las fuentes de fósforo, comparado con la práctica del agricultor (TA); al mismo tiempo se evaluó el efecto residual de estos tratamientos en frijol y sorgo, aplicando para ello 40 y 70 kg de N/ha. Los ensayos

fueron instalados con diseño de bloques completamente al azar, 3 repeticiones de 16 tratamientos, consistiendo en varias combinaciones de fuentes, niveles y métodos de aplicación. Los resultados de las comparaciones agronómicas y estadísticas para el rendimiento de grano (ton/ha) para las dos áreas donde se establecieron los experimentos fueron: en Metalio-Guaymango y Opico, el maíz presentó la mejor respuesta en rendimiento a un nivel de 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, seguido por el nivel 30 en mezcla con 20 de azufre. En Opico el mejor rendimiento se obtuvo con 16-20-0, seguido por TSP y RF. En Metalio-Guaymango no existieron diferencias entre las dos primeras fuentes. El método a chuzo fue el mejor, seguido por Ps y voleo. La respuesta a 20 kg/ha de azufre fue positiva en ambos sitios. Las diferencias en cuanto al método de aplicación del azufre fueron mínimas. El mejor efecto residual en frijol, fue el nivel 60, seguido por 90;

---

<sup>1</sup> Técnicos de Investigación en Fincas, Depto. de Economía y Validación y Técnico del Laboratorio de Suelos, CENTA.

<sup>2</sup> Agrónomos Programa Regional de Agronomía, CIMMYT, Apdo. Postal 6-641, México, D.F. 06600.

entre fuentes y métodos de aplicación de  $P_2O_5$  y S no existieron diferencias en los efectos residuales. En sorgo el mejor efecto residual fue con el nivel 90 y 30, seguidos por el nivel 60; RF mostró el mejor efecto residual, seguido por TSP y FOR. Efectos residuales en métodos de aplicación de  $P_2O_5$  y niveles de S no mostraron diferencias de interés.

## INTRODUCCION

La producción de granos básicos en El Salvador, generalmente está ubicada en suelos marginales, donde las prácticas de labranza convencional y la quema de rastrojos, está contribuyendo al empobrecimiento de los suelos a causa de la fuerte erosión. Generalmente, estos suelos son derivados de cenizas volcánicas y la práctica de aplicar los fertilizantes en postura superficial está muy difundida, obteniendo con ello rendimientos aceptables; por otra parte es importante mencionar que al utilizar otras fuentes de fósforo, acompañada con otros niveles diferentes a los que utiliza el agricultor, puede representar beneficios económicos potenciales, para la producción de grano del sistema. Estudios preliminares dan como resultado que uno de los mejores tratamientos en maíz fue al utilizar como fuente de fósforo la fórmula 16-20-0, 30 kg  $P_2O_5$ /ha y aplicada en postura superficial, y en frijol el mejor tratamiento residual fue cuando se utiliza roca fosfórica 60 kg  $P_2O_5$ /ha, aplicada en postura

superficial, sin embargo económicamente y a nivel de sistema maíz-frijol lo mejor fue triple superfosfato, 30 kg  $P_2O_5$ /ha, aplicado en postura superficial. Es importante señalar, que en todos los casos se ha combinado sulfato de calcio a efecto de lograr una mayor eficiencia en la utilización de fósforo, razón por la cual se considera que el planteamiento del presente estudio es precedente.

El alza en los costos de los insumos utilizados para la producción del sistema maíz-frijol relevo y maíz-sorgo, ha sido continua en los últimos años, combinado todo esto con la continua erosión de los suelos y en consecuencia pérdida de nutrientes, ha llevado a los cultivos que se siembran en condiciones de ladera a situaciones más serias como es en algunos casos el aumento periódico de los fertilizantes, tratando con ello de mantener los niveles de rendimiento, repercutiendo tal medida al incremento de los costos de producción del sistema.

Es importante mencionar, que la mayor parte de los sistemas maíz-frijol y maíz-sorgo es cultivada por pequeños y medianos agricultores en terrenos considerados como marginales. Por tanto, este tipo de proyectos de investigación sobre fuentes alternativas de fósforo de menos costo es representativo. Además, se mejora su eficiencia cuando utilizamos otros insumos como el sulfato de

calcio, lo cual está de acorde con la situación económica del agricultor.

Los objetivos que motivaron el presente estudio fueron: evaluar la respuesta de aplicar fósforo (30, 60, 90 kg  $P_2O_5$ /ha); fuentes de fertilizante (fórmula 16-20-0, TPS y roca fosfórica) y métodos de aplicación (chuzo y voleo), así como el efecto de combinar azufre ( $CaSO_4$ ) con fósforo, comparado con la práctica del agricultor, evaluando también el efecto residual de estos tratamientos en el rendimiento de grano de sorgo y frijol relevo.

#### REVISION BIBLIOGRAFICA

En El Salvador, el 46% de los suelos presentan alta probabilidad de respuesta positiva a la aplicación de abonos fosfatados. Es decir, que sin aplicaciones de Fósforo los rendimientos de los cultivos se ven seriamente reducidos, a esto agréguese que el 9.5% de los suelos son bajos en fósforo disponible (11-19 ppm) y requieren abonos fosfatados, Salazar (1970).

En un estudio sobre suelos de América Central. Fasbender, Muller y Roldan, encontraron que en 80 de ellos, predominaban los fosfatos de calcio, el contenido promedio de fósforo total fue de 889 Mg/kg. En los suelos ácidos predominaban los fosfatos orgánicos y dentro de los inorgánicos los de Al y Fe, el contenido de fósforo total fue mayor, lle-

gando en promedio a 1241 Mg/Kg El contenido total de fósforo también depende de la textura de los suelos, tanto en áreas de clima templado como tropical, ya que cuanto más fina es su textura, mayor es el contenido de fósforo total, Fasbender (1987).

El fósforo es relativamente estable en los suelos, no presenta compuestos inorgánicos, como los nitrogenados que pueden ser volatizados y altamente lixiviados. Esta gran estabilidad resulta de una baja solubilidad, lo que a veces causa deficiencias en la disponibilidad de fósforo para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo; esto puede evitarse en parte a través de una fertilización fosfatada, pero los fosfatos aplicados al suelo son objeto de reacciones rápidas de fijación, Sánchez (1981).

Los factores que influyen la retención de fósforo en los suelos son:

1. Algunos en el tipo de barro.
2. Cuando mayor sea el tiempo en el suelo y el fósforo añadido están en contacto, mayor será la fijación.
3. En pH de 5.5 a 7 hay mayor disponibilidad de Fósforo, debajo de 5.5 arriba de 7 es menor, Tisdale y Nelson (1985).

En cuanto más ácido es

el suelo, mayor es la cantidad de fósforo fijado en esta forma y mayores serán las precauciones que han de tomarse para asegurar una utilización razonable por la cosecha de los fertilizantes fosfatados añadidos a tales suelos.

La fijación del fósforo en los suelos ácidos es causada primariamente por la formación de compuestos férricos y aluminicos, Tisdale y Nelson (1985).

En los suelos alcalinos en alto grado de saturación de calcio va casi siempre acompañado por carbonato de calcio libre que ejercería una influencia dominante sobre la retención de fósforo, Tisdale y Nelson (1985).

El fósforo en el suelo puede clasificarse en general como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos en que se halle. La fracción orgánica se halla en el humus y otros materiales orgánicos, que pueden o no estar asociados con él. La fracción inorgánica se halla en numerosas combinaciones con Fe, Al y Ca y otros elementos. El contenido de Fósforo inorgánico en los suelos es casi siempre mayor que orgánico, Tisdale y Nelson (1985).

Se ha determinado que en los rangos de pH de 5.6 a 6.5 el fósforo puede precipitarse en forma de fosfato de Al y Fe; y a valores mayores de pH pueden formarse fosfatos de calcio, Salazar (1970) y

Sánchez (1981).

En suelos volcánicos se ha comprobado que la presencia de alofano puede provocar deficiencia de fósforo por fijación, la materia orgánica puede liberarlo, pero también puede fijarlo, Sánchez (1981).

En El Salvador, condiciones de suelos arcillosos, con pH menor de 5 hace que exista alta disponibilidad de fijación de fósforo, sin que el suelo tenga altas cantidades de Al y de Fe, Salazar (1970).

Se puede ir corrigiendo la deficiencia de fósforo, haciendo aplicaciones localizadas y manteniendo el suelo sin hacer una labranza muy profunda, con esto lo que se logra es saturar poco a poco de fósforo el suelo, Sulphur Institute (1985).

La aplicación de fertilizantes en suelos tropicales ácidos es siempre problemática; las fuentes solubles en agua llevan a un aumento notable de la concentración de  $H_2PO_4$  en la solución del suelo y a la subsiguiente transformación en formas insolubles. Las fuentes de baja solubilidad y velocidad de disolución no siempre conducen al aumento de cosechas deseado. Por ello, en los últimos años se han realizado una serie de experimentos aplicando mezclas de fuentes: superfosfatos y rocas fosfatadas. Así se espera un efecto inicial directo del superfosfato y la disolución lenta de la roca

fosfatada, como efecto residual, Salazar (1970).

Investigaciones de la región templada indican que los fertilizantes fosfatados deben tener por lo menos de 40-50% de fósforo soluble en agua para asegurar un suministro adecuado en las etapas iniciales del crecimiento. El superfosfato simple, el superfosfato triple y los fosfatos monoamónicos y diamónicos satisfacen este requisito y pueden usarse efectivamente en suelos con capacidad fijadora de baja a moderada, Sánchez (1981).

En suelos ácidos, que fijan grandes cantidades de fósforo, la aplicación de fuentes con menos fósforo soluble, como rocas fosfatadas pueden resultar más efectivas y económicas que las fuentes muy solubles. Las rocas fosfatadas son más reactivas en suelos ácidos y generalmente cuestan de una tercera a una quinta parte de lo que cuesta el superfosfato por unidad de  $P_2O_5$ , Sánchez (1981).

La relación entre Fósforo disponible del suelo, Segura (1984), el pH nos indica que a valores bajos de pH y en suelos ricos en Al y Fe, los fosfatos son menos disponibles a causa de su reacción con estos compuestos. La adición de un agente que añade cal a estos suelos inactivará al Fe y Al, aumentando así el nivel de Fósforo disponible para las plantas. Si el pH del suelo es aumentado mucho por la adición de cantidades exce-

sivas de cal, la disponibilidad del fósforo será disminuida de nuevo, a causa de su precipitación como fosfato cálcico o magnesio, Tisdale y Nelson (1985).

La respuesta de las plantas a la aplicación de rocas parcialmente aciduladas es casi tan buena como la aplicación de SFT (triple super fosfato), CIAT (1982).

La mezcla o cogramulación de rocas fosfóricas con fuente de fósforo soluble incrementa la efectividad de las mezclas en los suelos con alta capacidad de retención de fósforo. Estos productos posiblemente saldrán a más bajo costo que las fuentes solubles solas, CIAT (1982).

El efecto residual de las fuentes de fósforo es alta y puede continuar por largos períodos. El tiempo de duración de la efectividad residual está aparentemente controlado por la desorción de los productos de reacción en cada tipo de suelo y por lo tanto, dependiendo del tipo de suelo, puede no haber diferencia en la respuesta de los cultivos al fósforo residual proveniente de las diferentes fuentes aplicadas, CIAT (1982).

La composición del efecto residual de las rocas con el SFT ilustra que en contra de lo que se esperaba, el efecto residual del fósforo suministrado por las fuentes con alta solubilidad permanece alto, CIAT (1982).

En un experimento de fuentes y dosis de fósforo, se observa que el efecto de fósforo procedente de rocas fosfóricas de baja, media o alta reactividad es en general igual o mejor que el efecto procedente del SFT en todas las dosis.

Con base a los resultados obtenidos se infiere que las rocas fosfóricas no tienen mejor efecto residual que las formas solubles en suelos con una alta capacidad de fijación, como en el caso de algunos Andosoles, debido a la rápida disolución promovida por el suelo y a la subsecuente formación de productos de reacción, los que controlan la disponibilidad del fósforo para la planta, CIAT (1982).

El sistema y la época de aplicación tienen una gran importancia en la efectividad de los fertilizantes fosfatados y en interacción con las raíces de la planta. Muchos investigadores han encontrado que una aplicación en bandas en las cercanías de las raíces de cultivos anuales, es muy favorable; en praderas la aplicación al voleo es casi la única posibilidad. La época de aplicación debe ajustarse a la distribución de las lluvias y al ritmo fisiológico de las raíces de las plantas, Tisdale y Nelson (1982).

La aplicación de fósforo en bandas es una práctica simple que satisface la capacidad de fijación de fósforo en un pequeño volumen de suelo y de esa manera hace

que gran parte del fertilizante aplicado sea directamente aprovechable por la planta, Sosa *et al.* (1989), y Sánchez (1981).

Si se añade a un suelo un fertilizante a base de fosfato soluble, aplicándolo por diseminación, el fosfato es expuesto a una cantidad de superficie mayor; como consecuencia da lugar a más fijación que si la misma cantidad de fertilizante ha sido aplicada en bandas. La colocación en bandas reduce la superficie de contacto entre el suelo y el fertilizante con una reducción consecuente en la cantidad de fijación, Tisdale y Nelson (1985).

La colocación en bandas aumenta generalmente la utilización por las plantas de los fosfatos solubles en agua, tales como el superfosfato. Hoy, sin embargo, otros fertilizantes fosfáticos, que están clasificados como insolubles en agua, cuya utilización por las plantas parece ser mayor cuando se mezclan con el suelo más bien que cuando se aplican en bandas, Tisdale y Nelson (1985).

El contenido de humedad del suelo tiene un efecto decisivo sobre la eficacia y grado de disponibilidad del fósforo aplicado en varias formas.

En estudios realizados en la Universidad de Purdue, indicaron que cuando el sulfato amónico se mezcla con un fertilizante fosfático



hidrosoluble y se aplica en una banda, hay una gran proliferación de las raíces en la banda y en consumo muy aumentado de fósforo por la planta, Tisdale y Nelson (1985).

Para obtener buenos resultados con el uso de rocas fosfóricas, éstas deben ser aplicadas al voleo e incorporadas; la aplicación en la superficie puede ser efectiva cuando se trata de pastos, CIAT (1982).

Una gran proporción de los suelos del trópico americano presentan una reacción ácida, bajo contenido de fósforo aprovechable y una alta saturación de aluminio; en algunos de ellos, la capacidad para retener fósforo es alta y la tasa de absorción por parte de las plantas de los fosfatos aplicados es baja, de tal forma que para obtener buenos rendimientos de cultivos semestrales o anuales es necesario efectuar aplicaciones de fósforo en cantidades relativamente altas, CIAT (1982).

La mayoría de las especies cultivadas hacen uso del fósforo que se aplica, sin embargo, existe la probabilidad de que quede remanente en el suelo y este fertilizante fosforado eventualmente puede reflejarse en un análisis de suelo posterior, CIAT (1982).

## MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron las áreas de las Agencias del MAG de Guaymango y Opico, enmarcadas en la región I y II, en la cuales el sistema predominante es maíz-frijol y maíz-sorgo en laderas respectivamente.

La topografía del Municipio de Opico es variable, encontrándose terrenos fuertemente diseccionados con pendientes que van del 30-80%, la elevación es de 450 msnm, con una precipitación promedio anual de 1600-2000 mm, temperaturas que oscilan entre 21-27°C.

Guaymango, comprende 5,000 ha, con altitudes que van de 0-450 msnm, una precipitación promedio anual de 1835 mm, temperaturas de 20-31°C, el 90% de los suelos tienen pendientes superiores al 30% con textura franco arcillosa.

### Fase Maíz

En maíz, se instalaron dos experimentos en finca de agricultores, utilizando un diseño estadístico de bloques completamente al azar, con tres repeticiones y 16 tratamientos.

Los tratamientos aplicados (Cuadro 1), consistieron en la utilización de fuentes de fósforo ( $P_2O_5$ ), nitrógeno (N) y sulfato de calcio (S), combinándolos con dos métodos de aplicación, postura superficial e incorporada. Los fertilizantes fosforados y el sulfato de calcio fueron

aplicados a la siembra, mientras que el nitrógeno fue aplicado fraccionado, la mitad a la siembra y el resto a los 35 días.

Se utilizó el híbrido de maíz H-53 triple (16 kg/ha de semilla), la siembra se hizo con chuzo o espeque. El tamaño de las parcelas fue de 16 m<sup>2</sup>, cuatro surcos de 5.0 m de longitud y 0.80 m entre surco, para una densidad de 50,000 plantas/ha, para el sistema maíz-frijol relevo el área útil cosechada fue de 7.36m<sup>2</sup> aumentándose el último distanciamiento a 0.90 m. En el sistema maíz-sorgo en asocio, el tamaño de parcela fue de 21.60 m<sup>2</sup>, cosechando un área útil de 14.40 m<sup>2</sup>. En la estimación de rendimiento se consideró solamente los dos surcos centrales, descontando el primero y último golpe de cada hilera, los datos tomados fueron: peso (Kg), número de plantas, mazorcas (sanas y podridas) y % de humedad del grano.

Las malezas del ensayo fueron controladas con aplicaciones de atrazina (2 cloro-etiloamina-6 isopropilamina-1-3-5 triazona) a una dosis de 1.2 kg i.a./ha y Paraquat (1-1 dimetil 4,4-ión biperidilium) a una dosis de 0.5 l/ha i.a/ha.

Las plagas del suelo (Phyllophaga Spp. Ulus Spp.) fueron controladas con aplicaciones a la siembra con Lorsban 2.5 g una dosis de 32 kg/ha.

Las plagas del follaje (Diabrotica spp, Spodoptera

spp) fueron controladas con aplicaciones de Tamaron 600 en una dosis de 1 l/ha.

### Fase frijol

Se instaló un experimento sobrepuesto, es decir, utilizando el mismo sitio y planos de campo empleados en maíz. La preparación del terreno para la siembra se efectuó según práctica del agricultor, utilizando Paraquat (1-1 Dimetil-4-4ión biperidilium) en una dosis de 0.51 lt i.a/ha. Se utilizaron 60 kg/ha de semilla de frijol Rojo de Seda, utilizando el método de siembra con chuzo o espeque, con dos surcos de frijol por hilera de maíz, 0.25 m entre postura, depositando 2 o 3 granos en cada una, para una densidad de 200.000 plantas/ha, al momento de estimar rendimientos, se cosecharon 4 surcos de frijol, que corresponden a los dos surcos centrales de maíz, eliminando las posturas extremas. Los datos tomados por parcela fueron: peso (kg), número de plantas y % de humedad del grano.

Para evaluar el efecto residual de los fertilizantes aplicados en el cultivo de maíz, se planificó utilizar en todos los tratamientos de frijol un solo nivel de nitrógeno (40 kg/ha), empleando como fuente la urea (46%). La fertilización se realizó al momento de la siembra en postura incorporada.

## Fase sorgo

Para la fase de Sorgo se utilizó la variedad local, Corona, 10 kg/ha de semilla, para una densidad de 150,000 plantas/ha, la siembra se hizo en asocio, utilizando los mismos planos de campo, empleados en los tratamientos de maíz, la fertilización se hizo en forma general para todos los tratamientos, en una dosis de 70 kg/ha de N (urea 46%) a fin de observar efectos residuales en el rendimiento de sorgo. La aplicación del fertilizante se hizo en postura incorporada al momento de la siembra.

En el sitio experimental se tomaron muestras de suelo por repetición, a una profundidad de 10 cm antes de la aplicación de los tratamientos, a las muestras se les efectuó análisis de fósforo, potasio, pH, textura al tacto, elementos menores y materia orgánica.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Sistema Maíz-Frijol

#### Análisis de rendimiento de maíz

Los rendimientos de grano de maíz (ton/ha) (Cuadro 1), a través del análisis de varianza (Cuadro 2), no muestra diferencias entre los tratamientos evaluados; con un C.V.=15.59%. Al realizar un análisis agronómico (Figura 1), encontramos que al evaluar la respuesta a niveles de fósforo aplicado en dosis kg/ha de 0, 30, 60,

90 y el testigo del agricultor (TA) con 57; demostró que existe una respuesta positiva a las dosis evaluadas, observándose que el nivel de 60 mostró el mejor rendimiento (4.72), comparado con el testigo cero fósforo (3.70), con una diferencia de 1.02 ton/ha (21.61%). Es importante hacer notar, que con el nivel de 90 existió una tendencia a disminuir el rendimiento (4.5) y de igual forma, el testigo del agricultor (4.12). Evaluaciones agronómicas se realizaron a través de comparaciones entre los tratamientos evaluados, resultando lo siguiente:

Para el análisis de las fuentes de fósforo utilizadas (RF=roca fosfórica, TSP=triple super fosfato, y FOR=fórmula 16-20-0) se observan en la Figura 2, los rendimientos de maíz (ton/ha), que reflejan que con la fórmula 16-20-0 se obtuvo el mejor rendimiento (4.88), seguido por el TSP y por RF. Las respuestas antes mencionadas se refieren al nivel constante de 60 kg/ha de  $P_2O_5$ .

Comparando las fuentes a un nivel de 30, se obtuvo que la RF(4.63), supera al TPS. El testigo absoluto sin fósforo y azufre, resultó con el rendimiento más bajo, 3.70 (Cuadro 1).

El análisis de métodos de aplicación de fósforo (chuzo=CH, voleo=V y el testigo del agricultor postura superficial=PS, Figura 3) a través de los rendimientos en ton/ha, (Cuadro 1), nos mues-

tra que a un nivel constante de 60 kg/ha de  $P_2O_5$ , el método de aplicación CH resultó más eficiente (4.75) comparado con el testigo PS(4.12); observándose con el método al voleo un rendimiento de 4.09.

La respuesta a la aplicación de azufre  $CaSO_4$ , con dos niveles (0 y 20 kg/ha de S, Figura 4), nos demuestra que existió una respuesta positiva a la aplicación de este elemento con rendimientos en ton/ha de 3.70 y 4.24 respectivamente, siendo superior en 0.54 (15%) cuando se aplicó 20 kg/ha de S.

En relación al método de aplicación del azufre junto con el P y al voleo (Figura 5), se encontró que las diferencias en rendimiento para estos métodos fue mínima (0.18 ton/ha). Es importante resaltar que en el tratamiento cero fósforo y 20 de azufre, mostró un valor de 4.24 ton/ha de maíz (Cuadro 1), debido a que el azufre aplicado posiblemente hizo más eficiente al fósforo residual en el suelo (en ppm: 8 de P y 12 de S).

En base a los resultados antes mencionados, se demuestra que los mejores rendimientos se obtienen cuando utilizamos como fuente de fósforo, la fórmula 16-20-0, con un nivel de 60 de  $P_2O_5$ , aplicado a chuzo, en mezcla con 20 de azufre, ambos en kg/ha. Es importante resaltar que el azufre no mostró diferencias en el método de aplicación, por lo que sería posible su uso, ya

sea en posturas superficiales, a chuzo y voleo, pero deberá incorporarse en la fórmula para ser aplicado al momento de siembra o a más tardar a la emergencia del maíz, debido a que se ha observado mayor eficiencia del P combinado junto con el azufre, en este período.

Los resultados encontrados con RF y TSP, junto con  $CaSO_4$ , ameritan aún mayores evaluaciones, debido a las respuestas positivas observadas en estos experimentos.

#### **Análisis de rendimiento de frijol**

Para evaluar el efecto residual de los tratamientos aplicados en maíz se sembró frijol común (Phaseolus vulgaris L) sobrepuesto en los mismos tratamientos, realizando una fertilización constante con urea, a un nivel de 40 kg/ha de nitrógeno.

En los rendimientos de grano de frijol en ton/ha (Cuadro 1), y a través del análisis de varianza (Cuadro 2), se encontró que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, con un CV=19.82%. La respuesta en rendimiento de frijol (ton/ha) obtenida según el análisis agronómico (Figura 6), demostró que el mejor tratamiento residual fue cuando se aplicó en maíz un nivel de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  (1.14), seguido por el nivel de 90 (1.12). Los rendimientos obtenidos con 0, 30 y el testigo del agricultor (TA), fueron similares (0.97, 0.91

y 0.92, respectivamente).

Los efectos residuales en frijol en cuanto a fuentes de fósforo y métodos de aplicación (Figura 7 y 8) y de igual forma la respuesta del azufre (Figura 9 y 10), no mostraron diferencias de interés. En cuanto a la respuesta residual del Azufre aplicado, ésta no se detectó debido a que el nivel de azufre (20 kg/ha de S), fue muy bajo, aclarándose que esta respuesta residual se ha demostrado en otros experimentos cuando se utiliza un nivel de 40 kg/ha de S.

#### **Sistema maíz-sorgo (Metalio-Guaymango)**

##### Análisis de rendimiento de maíz

Los rendimientos de grano de maíz (ton/ha), (Cuadro 1), a través del análisis de varianza (Cuadro 2), muestra que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados y un CV=14.94%. Al realizar una comparación agronómica (Figura 11), encontramos que al evaluar la respuesta a niveles de fósforo aplicados, se demostró que existe una respuesta positiva a las dosis evaluadas, observando el nivel de 60 con el mejor rendimiento (5.53), comparado con el testigo absoluto cero P y S(3.21), superando a este nivel en 72.27%; con el nivel 30 (4.90 y superior en 52.65%); con 90 (5.09, superior en 58.57%) y con el testigo del agricultor (4.17). La tendencia obser-

vada en los rendimientos y niveles aplicados de fósforo, indican un incremento en rendimiento hasta el nivel 60; un decremento con aplicación de 90 y con el testigo del agricultor; las razones de esta relación posiblemente se deben a la baja cantidad de azufre aplicado (20 kg/ha de S) y a una posible saturación de fósforo con el nivel alto de 90 kg de  $P_2O_5$ .

En el análisis de fuentes de fósforo utilizadas, a través de la Figura 12, donde se observan los rendimientos de maíz (ton/ha), encontramos: que entre triple superfosfato y la fórmula 16-20-0, no existieron diferencias (5.26 y 5.25), estas fuentes superaron a la roca fosfórica (4.54). La respuesta antes mencionada, se refiere a un nivel constante de 60 kg/ha de  $P_2O_5$ .

El análisis de métodos de aplicación de fósforo (Figura 13), a través de los rendimientos en ton/ha, nos muestra que a un nivel constante de 60 kg/ha de  $P_2O_5$ , el método de aplicación CH, resultó más eficiente (5.36); el método al voleo con 4.68, comparado con el testigo del agricultor PS, con menos rendimiento (4.17).

La respuesta a la aplicación de azufre ( $CaSO_4$ ) nos demuestra que existió una respuesta positiva a la aplicación de este elemento, (Figura 14), con rendimiento en ton/ha de : 3.21 y 3.68, respectivamente, siendo supe-

rior en 0.47 (15%), cuando se aplicó 20 kg/ha de azufre. En relación al método de aplicación del azufre (Figura 15), se encontró que la diferencia en rendimiento entre métodos fue mínima (0.26).

En base a los resultados antes mencionados, se demuestra que los mejores rendimientos se obtienen cuando utilizamos como fuentes de fósforo, la fórmula 16-20-0 y el triple super fosfato (TSP), con los niveles en kg/ha de 60, de  $P_2O_5$ , aplicado a chuzo y en mezcla con 20 de azufre.

#### **Análisis de rendimiento de sorgo**

Para evaluar el efecto residual de los tratamientos aplicados en maíz, se sembró el sorgo criollo "Corona" originario de Guaymango, en asocio tardío, sobrepuesto en los mismos tratamientos, realizando una fertilización constante con urea (46%), a un nivel de 70 kg/ha de N, aplicado en dos épocas (50% a los 8 o 10 días y el otro 50% a los 40 días después de siembra).

Los rendimientos de grano de sorgo en ton/ha (Cuadro 1), y a través del análisis de varianza (Cuadro 2), muestra que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos residuales evaluados, con un coeficiente de variación de 13.90%.

La respuesta en rendimiento de sorgo obtenida se-

gún el análisis agronómico (FIG.16) demostró que el mejor tratamiento residual fue cuando se aplicó en maíz un nivel de 90 kg/ha de  $P_2O_5$  (3.89), seguido por el nivel de (3.72). Los rendimientos obtenidos con 0, 60 y el testigo del agricultor fueron similares (3.42, 3.60 y 3.71 respectivamente).

Los efectos residuales en cuanto a fuentes de fósforo, (Figura 17), nos muestran el rendimiento de grano de sorgo en ton/ha: la roca fosfórica con el mejor rendimiento (4.18), seguido por el TSP (3.80) y la fórmula 16-20-0 (3.59).

En relación a los métodos de aplicación de fósforo (Figura 18), no se encontraron diferencias agronómicas cuando se aplicó al voleo o posturas superficiales (3.63, 3.54 y 3.71, respectivamente).

No se encontró respuesta residual al azufre aplicado en maíz (Figura 19), sobre el rendimiento de sorgo 3.34 y 3.42 ton/ha para 0 y 20 kg/ha de S, respectivamente. En cuanto a los métodos del azufre (Figura 20), se encontró un rendimiento de 3.80 para la aplicación del S junto con el fósforo, superior en 8.57% al método de aplicación al voleo (3.50).

#### **CONCLUSIONES**

De acuerdo a las comparaciones agronómicas y estadísticas realizadas para el rendimiento de grano de maíz,

frijol y sorgo, expresados en ton/ha, en las localidades evaluadas; se concluye lo siguiente:

- Se encontró una respuesta positiva a las aplicaciones de fósforo, observando el nivel de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  con el mejor rendimiento, seguido por el nivel de 30, en ambas localidades, en mezcla con 20 kg/ha de azufre.
- En el área de Opico, el mejor rendimiento se obtuvo con la fuente 16-20-0, seguido por TSP y RF; en Metalío Guaymango, no existieron diferencias al aplicar la fórmula 16-20-0 y TSP, superando a la RF.
- El mejor método de aplicación para fósforo fue a chuzo, seguido por postura superficial y voleo, en ambas localidades.
- Existió respuesta positiva a la aplicación de 20 kg/ha de S ( $CaSO_4$ ), en ambas localidades (0.54 y 0.47 respectivamente), comparado con el nivel cero.
- Las diferencias en rendimiento por el método de aplicación de azufre fue mínima en ambas localidades (0.18 y 0.26 respectivamente).

### Frijol (Opico)

- Los mejores niveles residuales de fósforo en kg/ha de  $P_2O_5$ , fueron: el nivel 60, seguido por el nivel 90 (1.14 y 1.12), superando a los niveles 30 y TA (0.91 y 0.92).
- No existieron diferencias de efectos residuales de interés agronómico entre las fuentes de fósforo y métodos de aplicación y de igual forma en los niveles de azufre.

### Sorgo (Metalío-Guaymango)

- Los mejores niveles residuales de fósforo en kg/ha de  $P_2O_5$ , fueron: el nivel 90, 30 y TA (3.89, 3.72 y 3.71), seguido por el nivel 60 (3.60).
- La roca fosfórica mostró el mejor efecto residual (4.18), seguido por TPS (3.80) y fórmula 16-20-0 (3.59).
- No existieron diferencias agronómicas de interés en los efectos residuales entre métodos de aplicación de fósforo y niveles de azufre.

### BIBLIOGRAFIA

**CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1982.** Efectividad agronómica de las rocas fosfóricas. Guía de estudio para ser usada como

complemento de la Unidad  
Audiotutorial sobre el mismo  
tema. Cali, Colombia, CIAT.  
40 p.

**FASBENDER, H.W. 1987.**

Química de suelos con énfasis  
en suelos de América Latina.  
2a.ed. San José, Costa Rica,  
Instituto Interamericano de  
Cooperación para la  
Agricultura (IICA). Libros y  
Materiales educativos No 81.

**GORDON, R. 1989.** Evaluación  
de fuentes y métodos de  
aplicación de fósforo en el  
cultivo de maíz en tres  
localidades de Azuero,  
Panamá. Panamá, IDIAP. 8 p.

**POTASH/PHOSPHATE INSTITUTE.  
1978.** Phosphorus for  
Agriculture, A. situation  
Analysis. Atlanta, EEUU. PPI  
159 p.

**SALAZAR, J. R. 1970.**

Efectos de nitrógeno y  
fósforo en el rendimiento de  
frijol en el Occidente de El  
Salvador. En: XVI Reunión  
Anual del PCCMCA. Guatemala,  
p 42-44.

**SANCHEZ, P. 1981.** Suelos del  
Trópico, características y  
manejo. San José, Costa  
Rica. Instituto  
Interamericano de Cooperación  
para la Agricultura. Serie  
de libros y Materiales  
educativos. No.48.

**SEGURA, V. M. 1984.** Normas de  
calidad para fertilizantes  
químicos y sus materias  
primas. San Andrés, El  
Salvador. CENTA. Manual  
Técnico No 6.

**SOSA H. et al. 1989.**  
Evaluación de fuentes y  
métodos de aplicación de  
fósforo en el sistema maíz-  
frijol, Sacacoyo, El  
Salvador. San Andrés, El  
Salvador, publicación  
interna, CENTA. División de  
Investigación.  
23 p.

**SULPHUR INSTITUTE. 1985.**  
El Cuarto Nutriente  
Principal. Washington, EEUU.

**TISDALE, S.L. Y NELSON, W.L.  
1985.** Fertilidad de los  
suelos y fertilizantes.  
trad. por Jorge Balasch y  
Carmen Peña. México, UTEHA.



CUADRO 1. RENDIMIENTO DE GRANO (ton/ha) SISTEMAS MAIZ-SORGO Y MAIZ-FRJOL. METALIO-GUAYMANGO Y OPICO. EVALUACION DE FUENTES Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO. EL SALVADOR, 1990.

Tratamiento	Metalfo-Guaymango		Opico	
	Maiz	Sorgo	Maiz	Frijol
RF-30-V-(S-20-V)	3.48	3.45	4.63	1.06
RF-60-V-(S-20-V)	4.54	4.18	4.01	0.97
RF-90-V-(S-20-V)	4.70	3.81	4.29	0.88
TSP-30-CH(S-20-CH-JUNTO CON P)	4.29	4.06	4.21	1.07
TSP-30-CH(S-20-V)	4.90	3.66	4.03	0.91
TSP-60-CH(S-20-CH-JUNTO CON P)	5.27	3.80	4.54	0.95
TSP-60-CH(S-20-V)	5.53	3.50	4.72	1.14
TSP-90-CH(S-20-CH-JUNTO CON P)	5.09	3.97	4.50	1.12
TSP-60-CH(S-CERO)	5.41	3.63	4.89	1.20
TSP-60-V(S-20-V)	4.83	2.90	4.18	1.08
FOR-60-CH(S-20-JUNTO CON P)	5.25	3.59	4.88	0.95
TEST.CERO-P(S-20-V)	3.68	3.42	4.24	0.97
TEST-CERO-P(S-CERO)	3.21	3.34	3.70	1.01
TA-FOR-57-PS(S-87-SA)	4.17	3.71	4.12	0.92

Simbología: RF=Roca Fosfórica; FOR=Fórmula 16-20-0; TSP=Triple Superfosfato

Niveles de P2O5/ha=0, 30, 60, 90 y 57

Niveles de S/ha = 0, 20, y 87.

Métodos de aplicación:CH=Chuzo Posturas incorporadas; V=Voleo; PS=Posturas superficiales.

Fuentes Azufre (S)CaSO4 y Sulfato de Amonio (SA)

CUADRO 2. ANDEVA. RENDIMIENTO DE GRANO (T/ha) SISTEMAS MAIZ-SORGO Y MAIZ-FRIJOL. METALIO-GUAYMANGO Y OPICO. EVALUACION DE FUENTE Y METODO DE APLICACION DE FOSFORO. EL SALVADOR 1990.

F. de V.	G.L.	Metallo-Guayamango		Opico		
		Maiz C.M.	G.L.	Sorgo C.M.	Maiz C.M.	Frijol C.M.
Repeticiones	2	1.104 ns	1	1.77 **	0.335 ns	0.099 ns
Tratamientos	15	1.545 **	15	0.215 ns	0.346 ns	0.034 ns
Error	30	0.461	15	0.257	0.454	0.040
Total	47		31			
C.V. (%)		14.94		13.9	15.59	19.82

\*\* Significativo al 0.01 ns No significativo

CUADRO 3. ANALISIS DE SUELO DE LOS SITIOS DONDE SE UBICARON LOS EXPERIMENTOS, SOBRE EVALUACION DE FUENTES, NIVELES Y METODOS DE APLICACION DE FOSFORO EN EL SISTEMA MAIZ-FRIJOL Y MAIZ-SORGO, EN LADERAS. EL SALVADOR 1991.

Localidad	Textura	pH	Kcl	P	ppm K	Zn	S	mg Ca	Mg	% M.O
Opico	Franco	4.3	8	200	3.30	11.79	11.12	3.04	4.58	
Metallo-Guayamango	Franco Arcilloso	4.7	2	174	6.35	13.57	16.01	4.11	4.58	

### RESPUESTA A FOSFORO

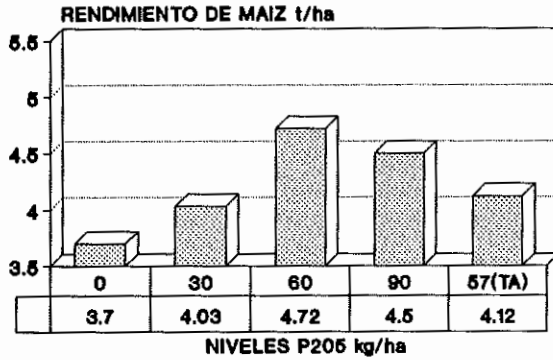


Fig. 1 Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Opico, El Salvador. 1990

### RESPUESTA A FUENTES DE FERTILIZANTES

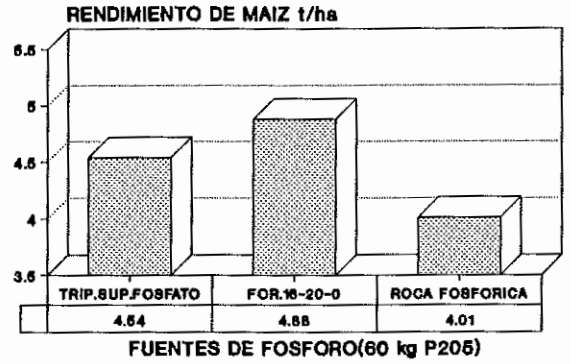


Fig. 2. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Opico, El Salvador. 1990

### METODO DE APLICACION DE FOSFORO

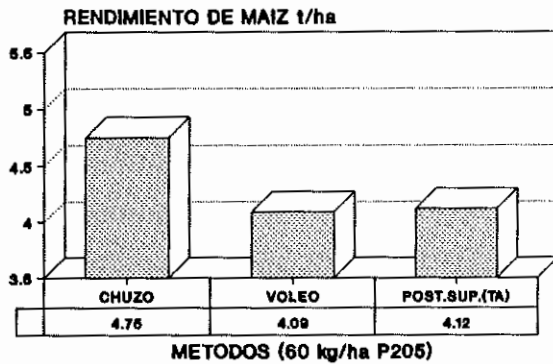


Fig. 3. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Opico, El Salvador. 1990

### RESPUESTA APLICACION DE S(CaSO4)

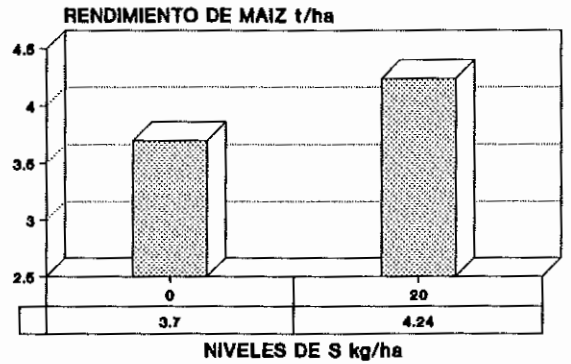


Fig. 4. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Opico, El Salvador. 1990

**METODOS DE APLICACION DE S(CaSO4)**

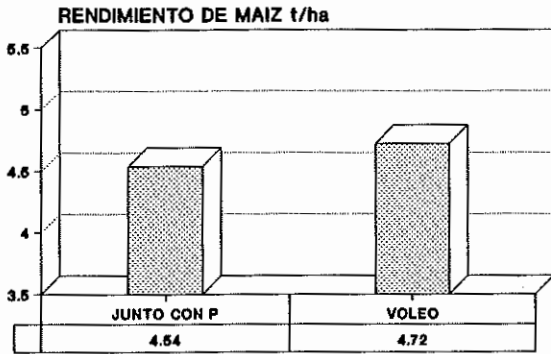


Fig. 5. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Opico, El Salvador. 1990

**EFFECTO RESIDUAL DE FOSFORO**

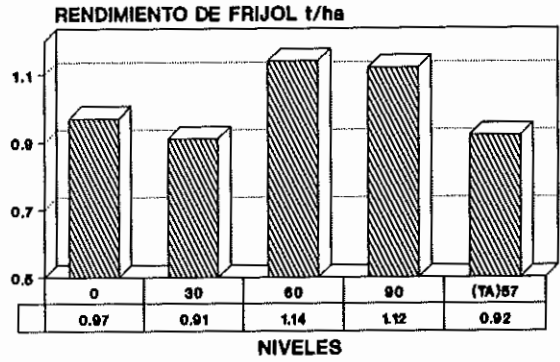


Fig. 6. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Opico, El Salvador. 1990

**EFFECTO RESIDUAL A FUENTES**

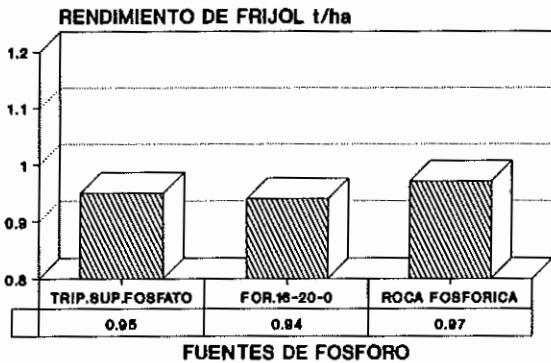


Fig. 7. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Opico, El Salvador. 1990

**EFFECTO RESIDUAL A METODOS DE APLICACION**

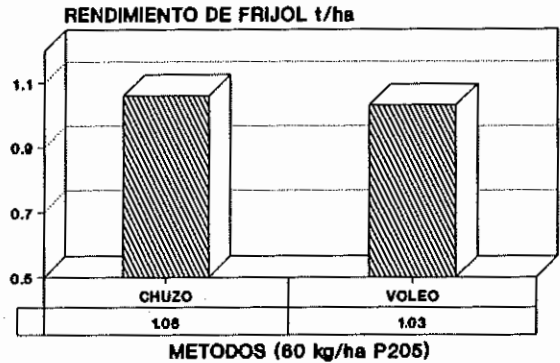


Fig. 8. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Opico, El Salvador. 1990

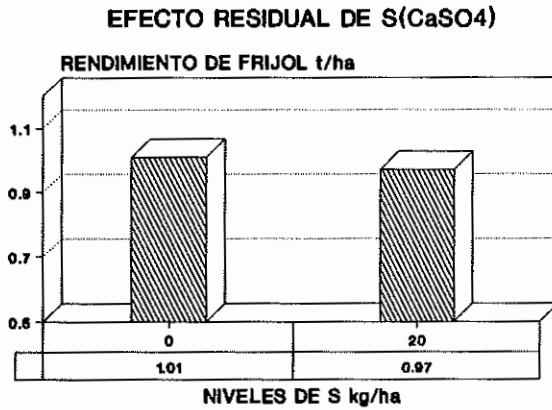


Fig. 9. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Opico, El Salvador. 1990

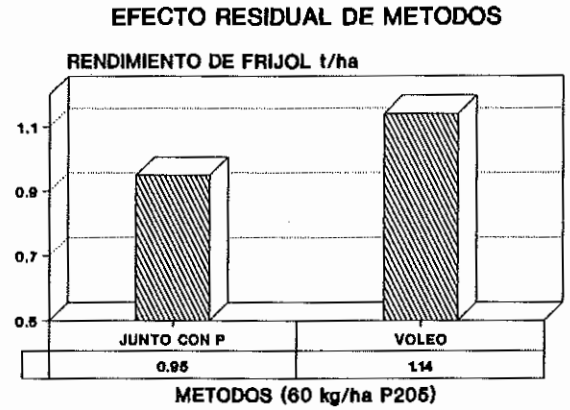


Fig.10. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Opico, El Salvador. 1990

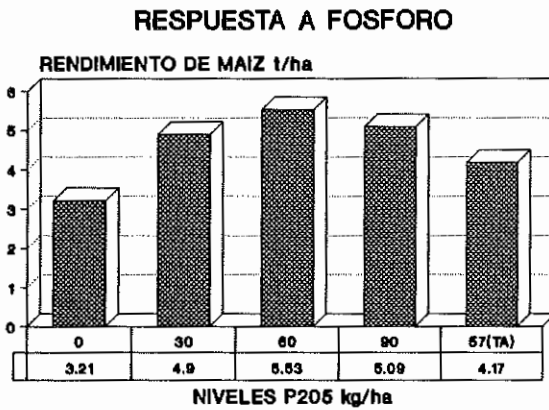


Fig.11. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Guaymango, El Salvador. 1990

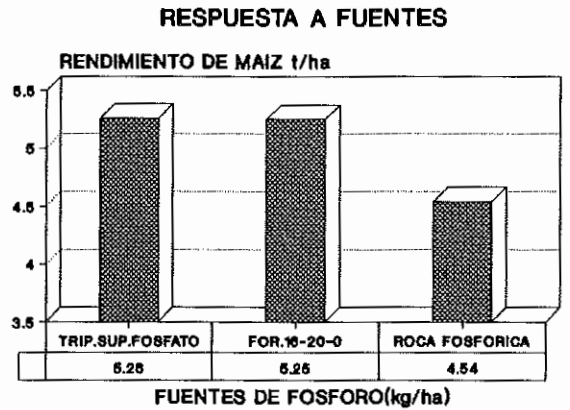


Fig.12. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Guaymango, El Salvador. 1990

### METODO DE APLICACION DE FOSFORO

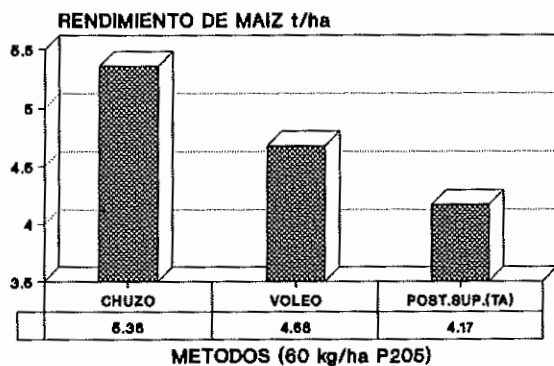


Fig.13. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Guaymango, El Salvador. 1990

### RESPUESTA AL AZUFRE(CaSO4)

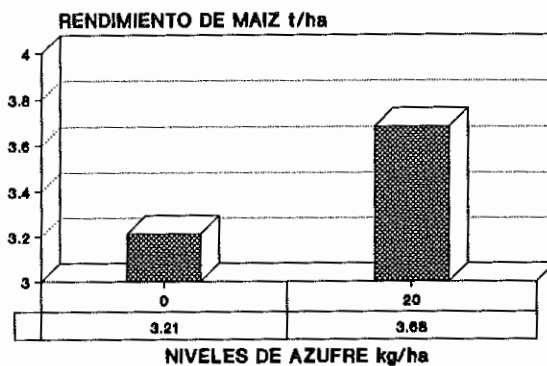


Fig.14. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Guaymango, El Salvador. 1990

### METODOS DE APLICACION DE S(CaSO4)

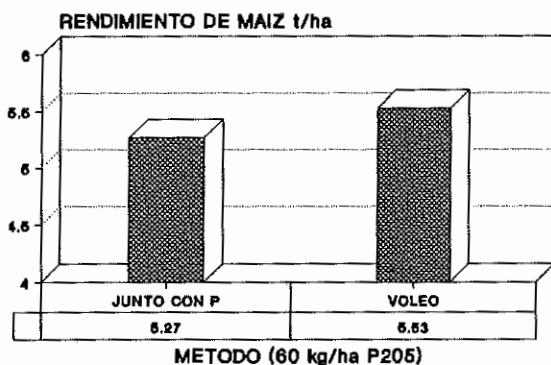


Fig.15. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Guaymango, El Salvador. 1990

### EFFECTO RESIDUAL DE FOSFORO

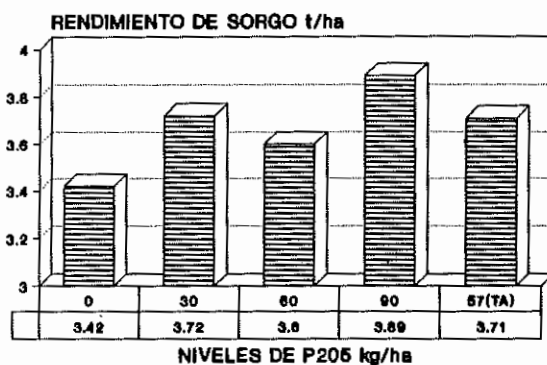


Fig.16. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Guaymango, El Salvador. 1990

**EFFECTO RESIDUAL A FUENTES**

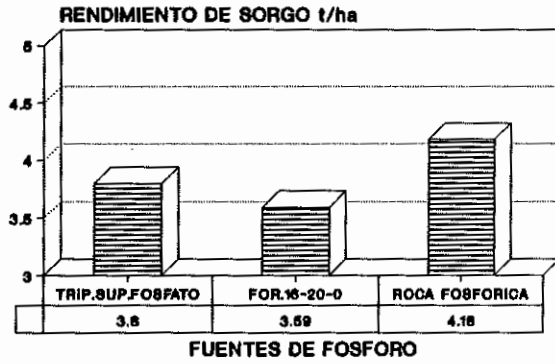


Fig.17. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Guaymango, El Salvador. 1990

**EFFECTO RESIDUAL A METODOS DE APLICACION**

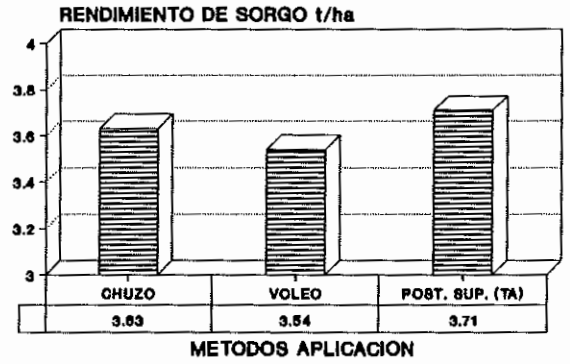


Fig.18. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Guaymango, El Salvador. 1990

**EFFECTO RESIDUAL DE S(CaSO4)**

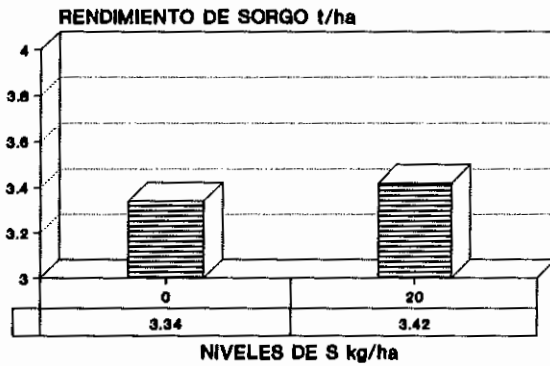


Fig.19. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Guaymango, El Salvador. 1990

**EFFECTO RESIDUAL METODOS APLIC. S(CaSO4)**

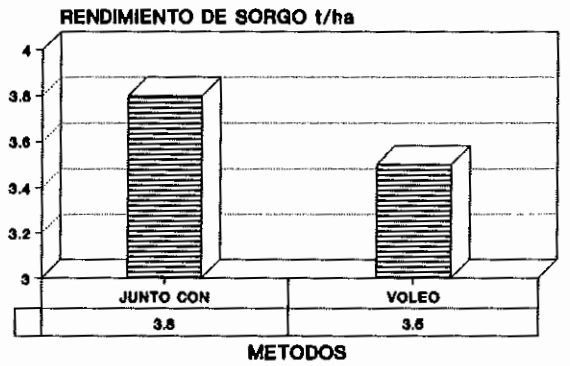


Fig.20. Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo. Guaymango, El Salvador. 1990

**EFFECTO DEL AZUFRE, ANTE UN NIVEL DE NITROGENO Y FOSFORO  
EN EL SISTEMA MAIZ-FRIJOL, EN LADERAS.  
EL SALVADOR. 1990**

**H. Sosa, V. Mendoza, A. G. Alvarado L., S. Bonilla<sup>1</sup>  
W. Raun y H. Barreto<sup>2</sup>**

**RESUMEN**

Cinco experimentos fueron instalados en el sistema maíz-frijol (híbridos H-5 y Frijol Rojo de Seda), en tres localidades (Sacacoyo, Ciudad Arce y Opico); áreas con temperaturas de 21-28°C, elevaciones desde 300 a 1000 msnm caracterizada por producir este sistema en ladera (20-60% de pendientes), deterioro del suelo por erosión, baja fertilidad y sin prácticas de conservación de suelos. La investigación en fincas de agricultores ha sido continua desde 1988 y 1990; encontrando en los dos primeros años una mayor eficiencia a nivel de fósforo aplicado (30 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) por efecto de combinar el fósforo con sulfato de calcio (fuente de azufre), con mejor rendimiento de grano y disminución de costos. Los objetivos para 1990 fueron: Comprobar el efecto del azufre (CaSO<sub>4</sub>), en la producción de maíz y determinar su efecto residual en frijol en relevo; bajar el nivel de fósforo utilizado en el sistema maíz-frijol, mejo-

rando su eficiencia, combinada con labranza de conservación; disminuir costos de producción. El diseño utilizado bloques al azar, 2 repeticiones, 4 tratamientos de 80 m<sup>2</sup> cada uno, consistiendo las dosis en kg/ha de: 30 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 de N y 87 de S; entre las fuentes fórmula 16-20-0 (FOR), sulfato de amonio (SA), urea (UR) y sulfato de calcio (CaSO<sub>4</sub>), aplicados en maíz; para medir el efecto residual en frijol relevo, se le aplicó una fertilización constante con urea (40 de N). Resultados: Rendimientos de grano de maíz (ton/ha), a través del ANDEVA, no mostraron diferencias estadísticas, pero si diferencias agronómicas, entre tratamientos; cuando se combinó UR-FOR-SCa, aplicado a chuzo (posturas incorporadas), se obtuvo el mejor rendimiento (4.58); seguido por SA-FOR, con los mismos niveles, utilizando el sulfato de amonio (fuente N y S) con 4.35; el testigo del agricultor resultó con el

---

<sup>1</sup> **Técnicos de Investigación en Fincas. Depto. de Economía y Validación y Técnico Laboratorio Suelos, CENTA.**

<sup>2</sup> **Agrónomos. Programa Regional Agronomía CIMMYT, Apdo. Postal 6-641, México D.F. 06600.**



menor rendimiento (4.24). El mejor tratamiento observado, hizo más eficiente el nivel de  $P_2O_5$  aplicado y además no contribuye a la acidez del suelo, superando en (0.34 ton/ha), al testigo. En frijol se encontraron únicamente diferencias altamente significativas entre localidades, agrónomicamente la respuesta a tratamientos quedó en el mismo orden que en maíz (1.07 y 1.0, respectivamente) y de igual forma como sistema. El análisis económico reconfirma lo anterior y en el mismo orden (BN=\$775 y 739). Recomendación: Validar en mayor número de localidades el mejor tratamiento, promover a través de CENTA-CIMMYT la incorporación del azufre como sulfato de calcio y proponer a las instituciones formuladoras de fertilizantes la conveniencia del uso de esta fuente, para evitar mayor acidez de los suelos de El Salvador.

### INTRODUCCION

La población de El Salvador, actualmente supera los cinco millones de habitantes la cual demanda anualmente una cantidad cada vez mayor de alimentos, principalmente aquellos que son importantes para su alimentación diaria, como son los granos básicos. Sin embargo, para satisfacer esta demanda se hace necesario la práctica de nuevas alternativas que bajo las condiciones actuales, permitan mantenerlos a bajo costo y sin deterioro de los suelos; trabajos desarrollados en laderas en el

sistema maíz-frijol, y en los cuales se ha comparado quema versus labranza de conservación con cobertura de rastrojos han demostrado que al utilizar esta última práctica de labranza se disminuye la erosión, además hay un incremento significativo en el rendimiento de grano.

Estudios de diagnósticos realizados en la zona, han detectado factores limitantes en la producción del sistema maíz-frijol, siendo fertilización y erosión como las más importantes, razón por la cual en años anteriores se realizaron trabajos de investigación, evaluando niveles de nitrógeno y fósforo para medir los efectos en el rendimiento del sistema, los cuales al final no mostraron diferencias significativas; no obstante, muestras foliares enviadas al laboratorio y después de analizar los resultados (DRISS) encontraron deficiencias en otros nutrientes especialmente Ca, y S. Por otra parte, el alza en el costo de los insumos empleados para la producción del sistema ha dado la pauta, para realizar estudios en lo referente a bajar las cantidades de fertilizante aplicadas por el agricultor, empleando para ello otros insumos que ayuden a aumentar la eficiencia de fósforo, como el sulfato de calcio, tratando con ello de mantener los niveles de rendimiento en el sistema y que estén acorde con la situación económica del agricultor.

Durante 1988 y 1989, se desarrollaron estudios que

evaluaban el nivel de N y  $P_2O_5$  con la adición de Ca y S encontrando finalmente que S influye positivamente en el rendimiento de grano del sistema y que el nivel propuesto de 100 y 30 kg/ha de N y  $P_2O_5$  respectivamente, es tan eficiente como el nivel del agricultor (105, 57 kg/ha) lo cual repercute en una disminución de los costos de producción, beneficiando con ello a los agricultores.

Los objetivos del estudio fueron: comprobar el efecto del azufre en la producción de grano de maíz y determinar su efecto residual en frijol relevo; bajar el nivel de fósforo, utilizado por los agricultores y disminuir los costos de producción en el sistema maíz-frijol.

Con el establecimiento de estos ensayos se pretendía comprobar los resultados obtenidos en los dos años anteriores, en los cuales se había obtenido una mayor eficiencia del nivel de fósforo aplicado al maíz, por el efecto de combinar sulfato de calcio como fuente de azufre, lo cual a la vez repercutía en rendimiento de frijol en relevo, beneficiando con ello a un aumento en los rendimientos del sistema y a la vez disminuir los costos de producción. Por otro lado, cuando utilizamos como fuente N y urea, estamos disminuyendo los problemas de acidez ya que es un aspecto común en estos suelos donde se cultiva es sistema maíz-frijol. Todo esto, combinado con la práctica de labranza de conserva-

ción con cobertura de rastrojos, logramos con ello un sostenimiento del mismo.

## REVISION DE LITERATURA

### Antecedentes

GUZMAN (1983), en la región de Opico-Quetzaltepeque, utilizando las variedades de maíz CENTA M-3B y el frijol rojo de seda, evaluó en sitios con suelos de textura franco a franco arcillosa los siguientes niveles: 0-40-80 de fósforo encontrando que para condiciones análogas la fertilización en maíz debía efectuarse con 80 kg/ha de nitrógeno más 40 kg/ha de  $P_2O_5$  y para frijol rangos de 40 a 80 kg/ha de nitrógeno y 40 de  $P_2O_5$ .

SOSA (1988 y 1989), desarrolló investigación en el área de San Juan Opico, en el sistema maíz-frijol, en terrenos de ladera, utilizando para ello un diseño de bloques incompletos, completamente al azar, con tres repeticiones y siete tratamientos los cuales consistieron en varias combinaciones de fórmula 16-20-0, sulfato de amonio y urea con y sin S, Ca y K.

Los objetivos que motivaron el establecimiento de este trabajo fueron el de evaluar la respuesta de aplicar azufre, calcio y potasio en el sistema maíz-frijol, así como también el de lograr una mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes. También se evaluó el efecto de quemar los residuos, lo cual es una

práctica común en comparación con la labranza de conservación. Cuatro ciclos de datos (2 maíz y 2 de frijol) fueron obtenidos en las dos localidades.

Como conclusiones del presente trabajo se puede mencionar que los rendimientos fueron mayores cuando se aplicó sulfato de amonio (100 kg N/ha) junto con fórmula (16-20-0, 30 kg  $P_2O_5$ /ha) en banda en labranza de conservación. Este mismo tratamiento evaluado con la quema resultaba en rendimientos significativamente más bajos. Comparando sulfato de amonio y urea, aplicados juntos con el fósforo, se notó una posible respuesta de azufre en estos suelos. Aplicaciones de potasio no produjeron incremento en el rendimiento de maíz o frijol. La respuesta de haber aplicado 3 ton/ha de Cal Dolomítica en los dos ciclos de maíz, resultó en incrementos en el rendimiento del frijol; pero se observó hasta el último ciclo.

Económicamente el tratamiento más rentable, dentro del sistema, es aquel que combina labranza de conservación, urea (100 kg N/ha) junto con fórmula (16-20-0, 30 kg  $P_2O_5$ /ha) con una relación ingreso neto costo de producción de 41.57.

SOSA (1984), en el área Opico-Quetzaltepeque, utilizando factoriales 24, evaluó en maíz, bajo condiciones de abranza mínima (terrenos alomados) y convencional (terrenos planos) los facto-

res control de malezas, niveles de nitrógeno, niveles de  $P_2O_5$  y épocas de aplicación de fertilizante, puntualizando al final, que para labranza mínima el mejor tratamiento fue: control de malezas manual mas 3.2 lt/ha de Paraquat, 80 kg/ha de nitrógeno, 80 kg de  $P_2O_5$ , y aplicando el fertilizante a los 15-45 días después de la siembra. En cambio para labranza convencional define el mismo control de malezas anterior, el mismo nivel de nitrógeno; 40 kg/ha de  $P_2O_5$  y aplicando el fertilizante 30 días después de la siembra.

Haciendo uso del mismo diseño, se estudiaron en frijol y en relevo al maíz los factores: variedades, población de plantas, niveles de  $P_2O_5$  y épocas de aplicación del fertilizante, definiendo como mejores prácticas, para terrenos alomados, el uso de la variedad Rojo de Seda, dos granos por postura, 30 kg/ha de  $P_2O_5$  y la aplicación del fertilizante a la siembra.

Para terrenos planos se encontró que utilizando 60 kg/ha de  $P_2O_5$ , aplicando el fertilizante a los 15 días después de siembra y manteniendo los otros dos factores iguales que en terrenos alomados, se obtenían mejores resultados.

SOSA (1985), implementó una serie de experimentos en el área de Opico-Quetzaltepeque, en fincas de agricultores, que tenía como objetivos principales determinar el efecto de niveles de nitróge-

no y fósforo ( $P_2O_5$ ) o sus interacciones en el rendimiento de maíz bajo condiciones de labranza mínima y convencional; y el efecto residual de los mismos, en el rendimiento del frijol relevo.

El diseño utilizado fue de bloques al azar, arreglo factorial 3x4, cuatro repeticiones. Los niveles que se evaluaron fueron: nitrógeno 40, 80, 120 y 160 kg/ha y  $P_2O_5$ : 0, 20 y 40 kg/ha.

Como resultado de esta investigación en maíz y frijol se encontró que: no existió diferencia entre los tratamientos evaluados. Las diferencias de rendimiento entre localidades, favorecen los terrenos planos, donde se realizó labranza convencional.

### Generalidades

La corteza terrestre contiene aproximadamente un 0.06% de azufre, se halla presente en forma de sulfuros, sulfatos y en combinación orgánica con carbono y nitrógeno. La fuente de la mayor parte del azufre en el suelo fueron indudablemente los sulfuros de los metales contenidos en las rocas plutónicas, Tisdale y Nelson (1970).

El azufre forma una parte importante de la materia orgánica del suelo, la relación casi constante entre el nitrógeno y azufre en una amplia extensión de suelos sugiere la importancia del azufre en la formación y

descomposición de la materia orgánica del suelo. Es importante mantener un equilibrio apropiado en el suelo entre el nitrógeno y el azufre, Tisdale y Nelson (1970).

Además de ser un elemento nutritivo esencial para las plantas, el azufre y sus compuestos tienen otros importantes usos agrícolas. Se utilizan ampliamente en la recuperación de suelos salinos y alcalinos. A menudo aumentan la disponibilidad de fósforo y de ciertos micronutrientes en los suelos alcalinos, Sulphur Institute (1970).

Casi todo el azufre inorgánico en suelos arcillosos bien drenados se halla como ion sulfato, en combinación con cationes tales como calcio, magnesio, potasio, sodio ó  $NH_4$  en la solución del suelo, Tisdale y Nelson (1970).

En suelos de Centro América hay menor cantidad de azufre orgánico, Fasbender (1987).

Muchos suelos de origen volcánico reciente poseen altos niveles de azufre inorgánico, Fasbender (1987).

Los suelos con problemas de sales constituyen un factor limitante para la agricultura en muchos países. Una de las técnicas de recuperación de estos suelos consiste en añadir al suelo compuestos químicos conocidos como mejoradores de suelos, los cuales son en muchos de

los casos la alternativa complementaria. El que más comúnmente se usa es el azufre, por su fácil manejo y por su bajo costo. Esto además es reforzado, por ser el azufre un mejorador químico que teóricamente puede desplazar un mayor número de meq. de sodio. Los agentes utilizados para reducir el pH del suelo son: azufre elemental, ácido sulfúrico, sulfato de aluminio y sulfato de hierro, Sulphur Institute (1970).

En el suelo, los iones amonio, provenientes del sulfato de amonio, se transforman en ácido nítrico, bajo la acción de bacterias del suelo. El ion sulfato en sí no influye en la acidez del suelo, sin embargo, cuando dicho ion es lixiviado, va acompañado de cationes básicos, cuya pérdida trae como consecuencia un aumento de la acidez del terreno, Sulphur Institute (1970).

Varios trabajos han señalado deficiencias de azufre en suelos volcánicos. También se ha notado que deficiencias de azufre se pueden encontrar en suelos derivados de ceniza volcánica, dado a la presencia de alófono el cual puede fijar formas orgánicas del azufre. Los trabajos de Blair y Lefray también indicaron que suelos meteorizados tienen capacidades de intercambio aniónicos más altos en comparación a suelos de climas templados y en sí una capacidad para absorción de

sulfato, Sulphur Institute (1970).

El azufre puede ser absorbido por los suelos, debido principalmente al intercambio de iones  $SO_4$  por iones  $OH^-$  en superficies que contienen hierro y aluminio, esta absorción baja al aumentar el pH, también disminuye con la fijación de fósforo, ya que las arcillas retienen con mayor fuerza el azufre, Salazar (1981).

Varios materiales que contienen azufre se pueden emplear para disminuir el pH del suelo. Además de crear un ambiente mejor para el desarrollo de las plantas, la disminución de los altos valores del pH del suelo tienden a aumentar la disponibilidad de fósforo y micronutrientes (Fe, Mn y Zn), Sulphur Institute (1970).

Las deficiencias de azufre están muy extendidas en Centro América, según estudios realizados por Muller, (1965) y Fitts (1970). Generalmente los rubros deficientes en azufre, tienen una o más de las siguientes características: altos en alófono u óxidos, bajos en materia orgánica y a menudo arenosos, también las quemadas volatilizan el azufre, Salazar (1981).

En su forma elemental pura, el azufre es un sólido cristalino, amarillo, inerte e hidrosoluble. Comercialmente se almacena al descubierto, donde permanece inalterable por la humedad y

la temperatura. Cuando el azufre esta finamente dividido y mezclado con el suelo es oxidado a sulfato por los microorganismos del suelo. A causa de esta propiedad, el azufre ha sido utilizado durante muchos años en el mejoramiento de los suelos alcalinos, Tisdale y Nelson (1970).

Cuando el azufre elemental se compara con el azufre sulfato, los resultados dependerán del método de aplicación y de la distribución del tamaño de las partículas del azufre elemental, cuando el azufre es finamente dividido y mezclado con el suelo, es normalmente tan eficiente como la forma sulfato, Tisdale y Nelson (1970).

Las raíces de las plantas absorben azufre casi enteramente como ion sulfato. La acumulación de este ion en el suelo es importante para el crecimiento de las plantas, Tisdale y Nelson (1970).

La oxidación del azufre en el suelo, además del hecho de que está en forma elemental (significando, como es lógico, que proporciona la cantidad máxima de azufre nutriente para las plantas con el máximo de volumen), ha sugerido su utilización como fuente de estos elementos en los fertilizantes. Como se menciona que en la mayoría de fertilizantes fabricados normalmente no contienen azufre. El azufre ha sido introducido con éxito en materiales tales como urea,

amonio anhídrido, C.S.P., fosfato amónico y materiales granulares N-P-K. Su utilidad como nutriente para las plantas depende, como es lógico, de la proporción en que es oxidado a sulfato, Tisdale y Nelson (1970).

El mayor contenido de nitrógeno y fósforo se obtiene, a costa de azufre que es un componente gratuito de los fertilizantes más tradicionales, Sulphur Institute (1970).

Evidencias que se están acumulando rápidamente indican que las deficiencias de azufre son más extensas en los trópicos que las de potasio. Muchos casos de deficiencias de azufre se han estado corrigiendo inconscientemente mediante el uso de fertilizantes que contienen azufre, tales como sulfato de amonio y el superfosfato simple. El uso de fuentes más concentrados tales como urea y superfosfato triple ha dado lugar a una mayor cantidad de deficiencias severas de azufre, Sánchez (1981).

La absorción del azufre disminuye con la fijación de fósforo ya que el ion  $H_2PO_4$  reemplaza iones de  $SO_4$ . Esta reacción tiene lugar en la capa arable y puede ocasionar movimiento de sulfato al interior del subsuelo, donde el azufre puede ser absorbido, Sánchez (1981).

El azufre absorbido es retenido con mucho menos fuerza por las partículas de arcilla que el fósforo

fijado. Por consiguiente la disponibilidad de azufre absorbido es generalmente mayor que la del fósforo fijado, Sánchez (1981).

El uso directo de fertilizantes azufrados es relativamente poco frecuente, a pesar que se informa que existe deficiencia de este elemento en 40 países tropicales y para 23 cultivos diferentes de la región. Sin embargo, se emplean muchos abonos que contienen azufre aunque sean utilizados para suministrar otros elementos, el más generalizado es el sulfato de amonio, pero también es ampliamente usado el superfosfato triple. En este último hay más azufre que fósforo, siendo además, una buena fuente de calcio, el anterior tiene más azufre que nitrógeno por lo que en general es mayormente aplicado, Fasbender (1987).

En El Salvador, el fertilizante nitrógenado de uso más frecuente es el sulfato de amonio, el cual es también una fuente de azufre, pero su uso continuado acidifica el suelo progresivamente, Salazar (1981).

Los materiales más comunmente usados que incluyen el azufre elemental son el, sulfato de calcio, amonio, potasio y magnesio, además los fosfatos que contienen azufre, Bixby y Beaton (1985).

Existen fertilizantes nitrogenados que no dan una reacción tan ácida en el

suelo, como por ejemplo la urea, pero no contienen azufre y para aplicarlo es conveniente evaluar la cantidad del mismo, Salazar (1981).

En el superfosfato sencillo o simple, el azufre es un constituyente normal en forma de sulfato de calcio (yeso) y también en el superfosfato triple, aunque en cantidades mucho menores. Las deficiencias de azufre pocas veces ocurren en tierras adecuadamente fertilizadas con superfosfato simple, pero aparecen cuando el uso de este producto declina, Sulphur Institute (1970).

El superfosfato simple y sulfato de amonio son usados como materiales fertilizantes en el trópico. Estos elementos contienen ciertas cantidades de azufre, Bixby y Beaton (1985).

Todos los fertilizantes anteriores son usados para suplir los requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos, aunque contienen además azufre que satisface los requerimientos, Bixby y Beaton (1985).

La mayoría de los requerimientos de azufre son lo suficientemente pequeños para ser satisfechos por portadores de nitrógeno y fósforo que contienen azufre, Sánchez (1981).

Las deficiencias de azufre frecuentemente ocurren



en suelos derivados de materiales volcánicos parentales, tales suelos son comunes en Centro América, Fitts (1970). En estos suelos la materia orgánica está estrechamente asociada con alófono y la mineralización del ligamento alófono, materia orgánica. La tasa de liberación del SO<sub>4</sub>-1 S es bien baja. Plantas creciendo en estos suelos son a menudo deficientes en azufre a pesar de que los suelos son altos en azufre orgánico, Fasbender (1987).

#### MATERIALES Y METODOS

La topografía de los municipios de San Juan Opico, Sacacoyo y Ciudad Arce, es variable, desde terrenos semiplanos a fuertemente diseccionados con pendientes que van de 18 a más del 50%, las elevaciones oscilan de 300 1000 msnm con pluviometría anual de 1600 a 2000 mm, temperatura promedio de 21 a 27°C. La textura del suelo va de franco a franco arcilloso.

#### Fase maíz

Se instalaron seis experimentos en fincas de agricultores, utilizando un diseño de bloques completos al azar, con dos repeticiones y cuatro tratamientos. Se utilizó el híbrido de maíz H-5, 16 kg/ha y la siembra se hizo con chuzo o espeque. El tamaño de parcela fue de 80m<sup>2</sup>, surcos de 0.10 m de longitud, separados a 0.80 m y 0.40 m entre postura de 2 granos cada una, para una densidad de 50,000 plantas/

ha. En la estimación de rendimiento se consideraron solamente los cuatro surcos centrales descontando el primero y último golpe de cada hilera para una área de 32 m<sup>2</sup> y los datos tomados fueron: peso (kg), número de plantas, mazorcas (sanas, podridas) y porcentaje de humedad.

En los tratamientos aplicados, (Cuadro 1), se utiliza un mismo nivel de nitrógeno de 100 kg/ha, variando las fuentes de aportación, siendo éstas el sulfato de amonio, urea 46% y 16-20-0, este nivel se aplicó en dos etapas a la siembra y cuando el maíz tenía 12 hojas, 50% en cada una, respectivamente.

También se evaluó un nivel de fósforo como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en una dosis de 30 kg/ha siendo la fuente la fórmula 16-20-0, aplicándose a la siembra.

Dentro del mismo experimento se evaluó un nivel de azufre utilizando sulfato de potasio (18% S) 86.84 kg/ha fraccionando en dos aplicaciones 29.7 kg a la siembra y el resto a las doce hojas (35 días).

El tratamiento testigo fue el nivel que emplea el agricultor de 105 y 57 kg/ha de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, con las fuentes comerciales sulfato de amonio 21% y fórmula 16-20-0, aplicando todo el fósforo en la siembra y el resto a los 35 días después.

La evaluación de los tratamientos se hizo



utilizando labranza de conservación, la aplicación del fertilizante en los tratamientos se efectuó en postura y enterrado en un agujero, menos en el testigo que se hizo según práctica del agricultor (postura superficial).

Las malezas en el ensayo fueron controladas con aplicaciones de Atrazina (2 cloro-etiloamina-6 isopropilomina-1,3,5 triazina) una dosis de 1.2 kg i.a./ha y Paraquat (1-1 dimetil 4,4-ion bipyridilium) a una dosis de 0.51 lt i.a./ha.

Las plagas del suelo (Phyllophaga spp, Ulus spp), fueron controladas con aplicaciones a la siembra de Lorsban 2.5 g en una dosis de 32 kg/ha.

Las plagas del follaje (Diabrotica spp, Spodoptera spp), fueron controladas con aplicaciones del Tamaron 600 en una dosis de 1 lt/ha.

#### **Fase frijol**

Es importante hacer mención que se instalaron cuatro experimentos superpuestos, es decir utilizando los mismos sitios y planos de campo empleados en maíz, la preparación del terreno para la siembra se efectuó según práctica del agricultor, (Paraquat 2.5 l/ha + 2-4-D 0.7 l/ha).

En la siembra se

utilizaron 60 kg/ha de semilla de frijol rojo de seda utilizando el método de chuzo o espeque, con dos surcos de frijol por hilera de maíz, 0.25 m entre posturas, depositando 2 o 3 granos en cada una, para una densidad de 200,000 plantas/ha, al momento de estimar rendimiento se tomaron ocho surcos que corresponden a los cuatro surcos centrales de maíz, eliminando posturas extremas y los datos tomados por parcela fueron peso (kg), número de plantas y porcentaje de humedad del grano.

Para evaluar el efecto residual de los fertilizantes aplicados al cultivo anterior se planificó utilizar 40 kg/ha de nitrógeno, utilizando como fuente la Urea 46% aplicada a los 6 días después de siembra.

Las plagas del follaje (Diabrotica spp, Aphis spp, Aphion spp) fueron controladas con aplicaciones de Tamaron 600 1 lt/ha, para prevenir daño de babosa (Vaginulus spp) se realizaron aplicaciones de caracolicidas 5 kg/ha.

En todos los sitios experimentales se tomaron muestras de suelo por experimento a una profundidad de 10 cm, antes de la aplicación de los tratamientos; a las muestras se les efectuó un análisis de fósforo y potasio soluble, pH y textura, elementos menores, materia orgánica etc. Las metodologías de análisis, la

solución extractora y el método de desarrollo se presentan en el Cuadro 6.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Análisis de maíz

Los rendimientos de grano de maíz (ton/ha), (Cuadro 2), a través del análisis de varianza (Cuadro 3), no detectó diferencias entre las localidades, tratamientos y localidades por tratamiento, con un coeficiente de variación de 13.35%.

Al realizar un análisis agronómico (Figura 1), encontramos que el tratamiento UR-FOR-SCa que combina dentro de su estructura las dosis en kg/ha de 100 de N, 30 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 87 de S, aplicados a chuzo (postura incorporada), resultó con el mejor rendimiento de grano (4.58); seguido por el tratamiento SA-FOR, que involucra los mismos niveles pero cambiando únicamente la fuente de N y S (sulfato de amonio) con un rendimiento inferior al primero (4.35); y luego el tratamiento UR-FOR (4.30 el cual no contenía azufre con el propósito de comparar la respuesta con los dos tratamientos anteriores; el tratamiento TA (SA-FOR) testigo resultó con el menor rendimiento (4.24).

Las diferencias agronómicas encontradas entre los rendimientos, son aparentemente mínimas, pero aún así, se pueden apreciar las ventajas que ofrece la aplicación del fósforo junto

con el azufre, CaSO<sub>4</sub> y urea (UR-FOR-SCa), al momento de siembra. Este tratamiento hace más eficiente el nivel de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado y además no contribuye a la acidez del suelo, superando en rendimiento al tratamiento testigo (en 0.34 ton/ha; caso contrario ocurre cuando utilizamos el tratamiento SA-FOR, que resultó con un rendimiento aceptable, pero que causa un aumento de acidez.

El nivel de azufre evaluado (en kg/ha) para los tratamientos alternativos (UR-FOR-SCa), fue aplicado en forma fraccionada (29.7 a la siembra y 57, a los 35 días después de siembra), observándose que la diferencia mínima en rendimiento de maíz, se debe posiblemente al nivel bajo de azufre aplicado a la siembra; comparando con otras experiencias a la aplicación de este elemento, donde el nivel de azufre ha sido mayor, se han encontrado incrementos del 15-18%.

Lo anterior nos conduce a que el nivel de azufre (CaSO<sub>4</sub>) puede aumentarse con seguridad para hacer más eficiente al fósforo pero aplicado al momento de siembra o al menos a la emergencia del maíz.

### Análisis del frijol

Para evaluar el efecto residual de los tratamientos aplicados en maíz, se sembró frijol común (Phaseolus vulgaris L) en relevo sobre puestos en los mismos tratamientos, realizando una

fertilización constante con urea, a un nivel de 40 kg de N/ha. En los rendimientos de frijol en ton/ha (Cuadro 4) y a través del análisis de varianza (Cuadro 5), se encontraron diferencias altamente significativas entre las localidades evaluadas, no así entre los tratamientos y la interacción localidades por tratamiento, con un coeficiente de varianza de 21.09%.

Un análisis agronómico del rendimiento (ton/ha), a través de la Figura 2, demuestra que el mejor tratamiento residual (con 1.07) fue cuando se aplicó en maíz el tratamiento UR-FOR-SCa, seguido por el tratamiento SA-FOR (1.0). Los rendimientos obtenidos con UR-FOR y el testigo fueron similares o inferiores (0.93 y 0.95).

#### **Análisis combinado maíz-frijol**

Al realizar un análisis agronómico combinado los rendimientos de grano de maíz y frijol en ton/ha (Figura 3), se demuestra que el mejor rendimiento de grano total para el sistema es cuando se aplicó el tratamiento UR-FOR-SCa (5.65), superior al testigo (TA) en 0.46; seguido por los tratamientos UR-FOR (5.35) y el SA-FOR (5.23). Con este resultado se confirma que el tratamiento alternativo UR-FOR\_SCa es el que responde mejor dentro del sistema.

#### **Análisis económico**

Se presenta el análisis económico de los resultados experimentales de cinco ensayos de maíz y cuatro de frijol, realizado con el propósito de estudiar la mayor eficiencia del fósforo aplicado al maíz cuando este elemento es combinado en su aplicación con el sulfato de calcio con fuente de azufre.

El impacto de esta combinación se manifiesta a la vez en un efecto residual que beneficia al cultivo de frijol el cual es utilizado como cultivo de relevo en el sistema bajo estudio.

Con base en los resultados de ensayos realizados en los dos años anteriores (1988 y 1989), se desarrolló el presente estudio en cinco localidades, cada ensayo tuvo tres tratamientos alternativos a la práctica del agricultor, los cuales se detallan en el Cuadro 1.

El presupuesto parcial para fase de maíz, del frijol y combinado se detallan en los Cuadros 6, 7 y 8.

Como era de esperar la práctica del agricultor resultó dominada ya que las alternativas 1 y 3 presentan un ahorro en la cantidad de fertilizante a aplicar. Por su parte la alternativa 2 que incorpora azufre en la fase de maíz resulta la más rentable. Debe tenerse en consideración que el precio del azufre usado en el análisis es el equivalente del agricultor en Guatemala, ya que

el yeso no se encuentra disponible en El Salvador.

Es interesante enfatizar algunos puntos de estos resultados.

1. El tratamiento; más barato es aquel en donde la fuente de nitrógeno es la urea. Sin embargo, el cambiar de urea a sulfato de amonio aunque más caro, resulta altamente rentable (TMR=778%) debido probablemente a una respuesta del maíz al azufre y a un posible efecto residual del fósforo sobre el frijol.
2. El agregado de azufre en forma de yeso (urea más yeso) representado por el tratamiento 2, incrementa los efectos del azufre descrito en el punto anterior. En efecto, aunque más caro, la tasa marginal de retorno entre este tratamiento y el T1 es de 270% la cual está sustancialmente por arriba de la tasa mínima de retorno esperada por los agricultores. Debe tenerse en cuenta que la posibilidad de agregar más azufre en forma de yeso al sulfato de amonio también podría resultar rentable en el corto plazo, pero en el mediano podría resultar en un impacto negativo sobre la acidez del suelo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a las comparaciones agronómicas y estadísticas realizadas para el rendimiento de grano de maíz y frijol, expresados en ton/ha, se concluye:

En maíz y frijol el tratamiento que combina las dosis en kg/ha de: 100 de N, 30 de  $P_2O_5$  y 87 de S, aplicados a chuzo (posturas incorporadas), con las fuentes urea, fórmula 16-20-0 y sulfato de calcio, resultó con el mejor rendimiento de 4.58 y 1.07, respectivamente.

La mezcla de fósforo (fórmula 16-20-0) con azufre, (sulfato de calcio) aplicados a la siembra del maíz, hace más eficiente el nivel de 30 kg de  $P_2O_5$ /ha y su efecto residual en frijol.

El sulfato de calcio (S) es una alternativa para sustituir el sulfato de amonio como fuente de azufre, por no contribuir a la acidez de los suelos.

Económicamente en el sistema maíz-frijol, el tratamiento más rentable es el que incluye kg/ha: 100 de N, 30  $P_2O_5$  y 87 de S con las fuentes; urea, fórmula 16-20-0 y sulfato de calcio (BN: \$775); seguido por el tratamiento que contiene, sulfato de amonio más fórmula 16-20-0 (BN: \$739) y con los mismos niveles anteriores.

## RECOMENDACIONES

Validar en un mayor número de localidades de El

Salvador el tratamiento de kg/ha de: 100 de N, 30 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 87 de S, utilizando como fuentes la urea, fórmula 16-20-0 y sulfato de calcio.

Promover a través del CENTA, la incorporación del azufre como sulfato de calcio, en la fórmula 16-20-0, para mayores pruebas en áreas productoras de maíz-frijol.

Que el CENTA proponga ante las instituciones formuladoras de fertilizantes la conveniencia del uso del sulfato de calcio como fuente alternativa de azufre.

#### BIBLIOGRAFIA

**BIXBI, D; BEATON, J. 1985.** Sulphur containing fertilizers. Properties and applications. Washington, USA. The Sulphur Institute. Technical Bulletin No.17.

**FASBENDER, N.W. 1987.** Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

**GUZMAN, EM. 1983.** Experimentos sobre niveles de fertilización en el sistema maíz-frijol. En reunión Anual del PCCMCA, Managua, Nicaragua.

**SANCHEZ. P.A. 1981.** Suelos del trópico, características y manejo. San José, Costa Rica. IICA.

**SALAZAR, J.R. 1981.** Efecto indicador del azufre en maíz, al aplicar 2 fuentes nitroge-

nadas en 5 series de suelos de El Salvador. San Andrés, El Salvador. CENTA.

**SOSA, J.H. 1980.** Efecto del calcio y azufre en el sistema maíz-frijol en ladera, ante un nivel de nitrógeno y fósforo. Opico. En XXXI Reunión Anual del PCCMCA. Costa Rica. 12p.

**SOSA, J.H. 1984.** Experimentos exploratorios de componentes agronómicos en el sistema maíz-frijol, bajo labranza mínima y convencional en el área Opico-Quetzaltepeque. En XXXI Reunión Anual PCCMCA, Honduras. 15p.

**SOSA, J.H. 1985.** Evaluación de diferentes niveles de nitrógeno y Fósforo en el cultivo de maíz y su efecto residual en el rendimiento de frijol en relevo. Area Opico-Quetzaltepeque, San Andrés, El Salvador, Publicación interna. CENTA. División de Investigación. 10p.

**THE SULPHUR INSTITUTE. 1970.** El Cuarto Nutriente Principal.

**THE SULPHUR INSTITUTE. 1970.** Azúfre elemento esencial en la alimentación de las plantas.

**TISDALE, S.L. Y NELSON, W.L. 1970.** Fertilidad de los suelos y fertilizantes, Barcelona, España, Montonu y Simón.

CUADRO 1. DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS. EFECTO DEL AZUFRE ANTE UN NIVEL DE N Y P2O5, SISTEMA MAIZ-FRIJOL EN LADERA, EL SALVADOR, 1990.

NUTRIMENTOS (Kg/ha) Y FUENTES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	TESTIGO (AGRIC.)
Nitrógeno. Sulfato Amonio	76	0	0	60
Nitrógeno. Urea	0	76	76	0
Nitrógeno. Fórmula 16-20-0	24	24	24	45.6
Fósforo. Fórmula 16-20-0	30	30	30	57
Azúfre de Yeso (CaSO4)	0	86.7	0	0
Azúfre Sulfato Amonio	86.7	0	0	86.7
Total Nitrógeno	100	100	100	105.6
Total de Fósforo	30	30	30	57
Total de Azufre	86.7	86.7	0	86.7

Simbología	Kg/ha			FUENTES
	N	P2o5	S	
SA-FDR	100	30	87	Sulf. Amonio y 16-20-0
UR-FDR-SCa	100	30	87	Urea y 16-20-0 y Sulf. Calcio
UR-FDR	100	30	0	Urea y 16-20-0
SA-FDR (TA)	105	57	87	Sulf. Amonio y 16-20-0 (Testigo.Agr)

CUADRO 2. RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE MAIZ (ton/ha). EFECTO DEL AZUFRE, ANTE UN NIVEL DE NITROGENO Y FOSFORO, SISTEMA MAIZ-FRIJOL EN LADERAS, EL SALVADOR. 1990.

F.V.	LOCALIDADES					PROMEDIO
	1	2	3	4	5	
SA-FDR	4.46	3.21	5.62	4.13	4.32	4.35
UR-FDR-SCa	5.01	4.60	4.92	4.32	4.07	4.58
UR-FDR	4.24	4.12	4.71	4.08	4.36	4.30
SA-FDR (TA)	3.77	4.00	5.45	4.12	3.85	4.24

CUADRO 3. ANDEVA COMBINADO A TRAVES DE LOCALIDADES. RENDIMIENTO DE MAIZ (ton/ha). EFECTO DEL AZUFRE CON UN NIVEL DE N Y P2O5.

F.V.	GL	SC	CM
Localidades	4	7.13	1.783 ns
Error	5	2.086	0.417
Tratamientos	3	0.677	0.226 ns
Loc.x Trat.	12	4.422	0.369 ns
Error	15	5.089	0.340
Total	39	19.415	

ns = no significativo

CV = 13.35%

CUADRO 4. RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE FRIJOL (ton/ha). RESPUESTA RESIDUAL, TRATAMIENTOS EN MAIZ. EFECTO DEL AZUFRE ANTE UN NIVEL DE N Y P205, EL SALVADOR, 1990.

TRATAMIENTOS	LOCALIDADES					PROMEDIO
	1	2	3	4	5	
SA-FOR	0.89	1.13	s/d	1.46	0.50	1.00
UR-FOR-SCa	1.06	1.32	s/d	1.33	0.59	1.07
UR-FOR	0.53	1.26	s/d	1.36	0.59	0.93
SA-FOR (TA)	0.68	1.41	s/d	1.19	0.51	0.95

CUADRO 5. ANDEVA COMBINADO A TRAVES DE LOCALIDADES, PARA RENDIMIENTO DE GRANO DE FRIJOL (ton/ha).

F.V.	GL	SC	CM
Localidades	3	3.519	1.173 **
Error	4	0.033	0.008
Tratamientos	3	0.095	0.320 ns
Loc.x Trat.	9	0.408	0.045 ns
Error	12	0.521	0.043
Total	31	4.575	

\*\* Altamente significativo al 0.01

ns = no significativo

CV = 21.09%

CUADRO 6. PRESUPUESTOS PARCIALES FASE MAIZ DEL ENSAYO EFECTO DEL AZUFRE CON UN NIVEL DE N Y P205, EL SALVADOR, 1990

	FASE MAIZ TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
Rend. promedio malz(kg/ha)	4348	4584	4300	4240
Rend. ajustado malz(kg/ha)	3913.2	4125.6	3870	3816
Beneficio bruto malz(\$/ha)	547.8	577.6	541.8	534.2
Costo N de sulfat6 (\$/ha)	33.5	0	0	26.4
Costo N de Urea (\$/ha)	0	31	31	0
Costo N de fórmula (\$/ha)	11.6	11.6	11.6	21.9
Costo P de fórmula (\$/ha)	14.7	14.7	14.7	27.9
Costo S de yeso (\$/ha)	0	15.773	0	0
Total costos varian (\$/ha)	59.7	73.0	57.2	76.3
Beneficios netos malz (\$/ha)	488.1	504.6	484.6	457.9

CUADRO 7. PRESUPUESTOS PARCIALES, FASE FRIJOL

	FASE FRIJOL TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	PA
Rend. promedio frijol (kg/ha)	996	1073	933	949
Rend. ajustado frijol (kg/ha)	896.4	965.7	839.7	854.1
Beneficio bruto frijol (\$/ha)	31113.7	338.0	293.9	298.9
Total costos varian (\$/ha)	0	0	0	0
Beneficios netos frijol (\$/ha)	313	338.0	294.0	298.9

CUADRO 8. ANALISIS COMBINADO MAIZ-FRIJOL

	ANALISIS COMBINADO TRATAMIENTOS			
	T3	T1	T2	PA
Costos totales actualizados (\$/ha)	57.2	59.7	73.0	76.3
Beneficios Netos actualizados(\$/ha)	719.72	739.1	775.0	697.1
T M R (%)		778	270	0



CUADRO 9. DETERMINACIONES QUIMICAS DE SUELO, REALIZADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO

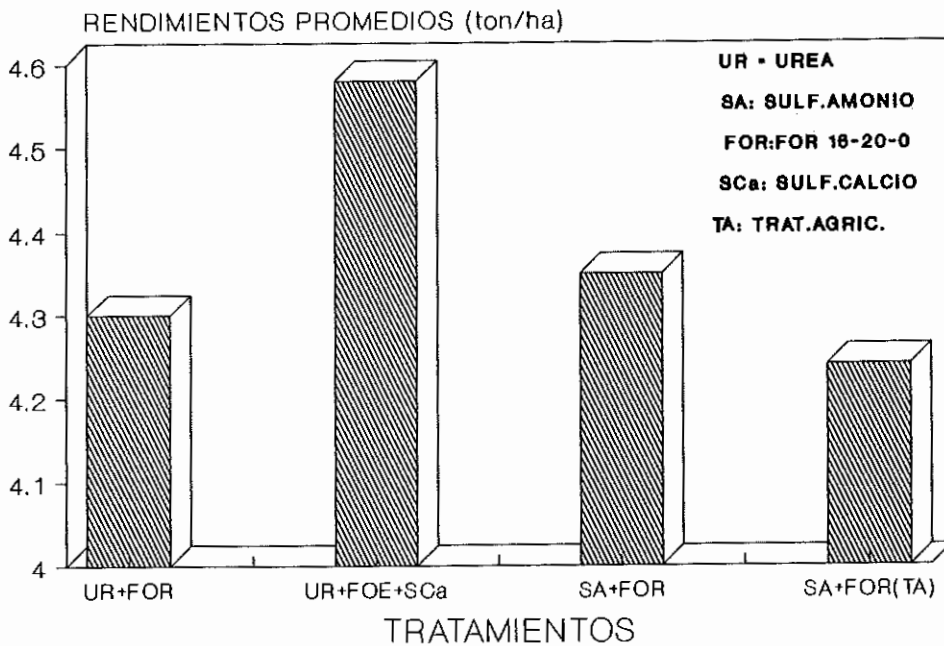
DETERMINACIONES	SOLUC. EXTRACTORA	METODOLOGIA
Fósforo	Solución doble de Acido d]bil	Colorímetro Molibdato Vanadato
Potasio	Carolina del Norte	Fotometría de llama
Elementos menores		Absorción Atómica
Calcio y Magnesio	Kcl IN	Absorción Atómica
Materia Orgánica		Walkley y Black (Volum]trico Redox)
Azulfre	Soluc. Fosfato Calcio	Turbidim]trico (Cloruro de Bario y PVP)

CUADRO 10. RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO DE LOS SITIOS DONDE SE UBICARON LOS EXPERIMENTOS SOBRE EFECTO DEL AZUFRE ANTE UN NIVEL DE N Y P205 EN EL SISTEMA MAIZ-FRIJOL EN LADERAS. EL SALVADOR, 1991.

LOCAL	TEXTURA	PPM					meq		
		pHKcl	P	K	Mn	S	Ca	Hg	M.O. %
1	Fco. Arc. Arenoso	4.5	2	163	58.5	13.57	10.08	2.96	2.93
2	Fco. Arenoso	5.0	7	200	14.0	21.78	11.62	1.72	4.44
3	Franco	5.4	2	200	25.0	11.07	17.96	3.53	6.92
4	Fco. Arc. Arenoso	4.2	8	124	47.0	25.36	7.13	3.29	3.34
5	Franco	4.8	6	171	23.5	11.43	13.92	4.77	3.19

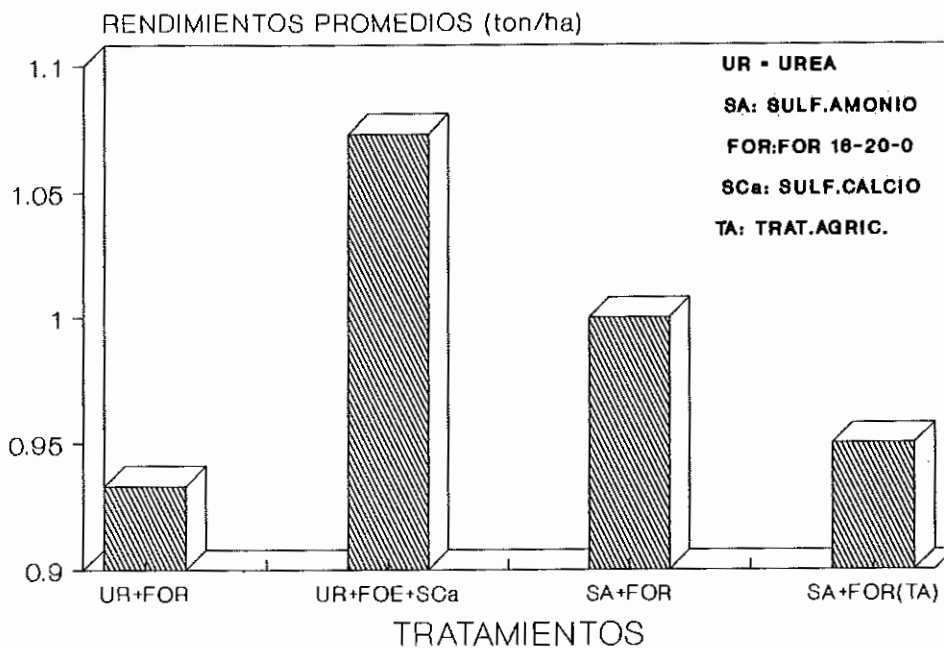
**FIGURA 1. EFECTO DEL AZUFRE (SULF.CALCIO) EN MAIZ.  
OPICO, SACACOYO, CIUDAD ARCE, EL SALVADOR. 1990.**

**COMBINADO A TRAVES DE LOCALIDADES**

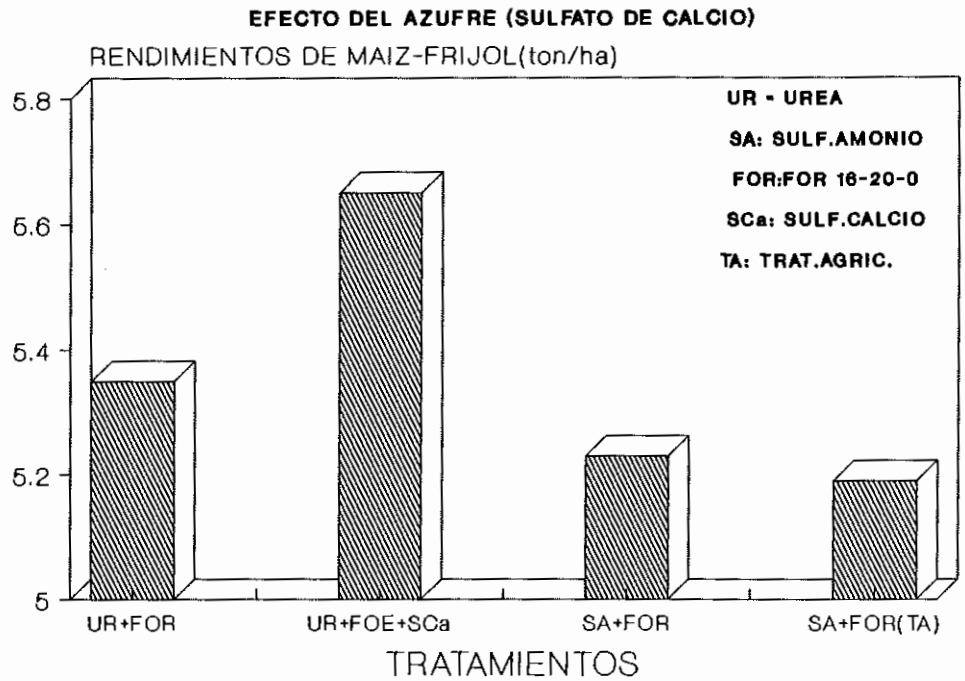


**FIGURA 2. EFECTO RES. DEL AZUFRE(SULF.CALCIO) FRIJOL RELEVO  
OPICO, SACACOYO, CIUDAD ARCE, EL SALVADOR. 1990.**

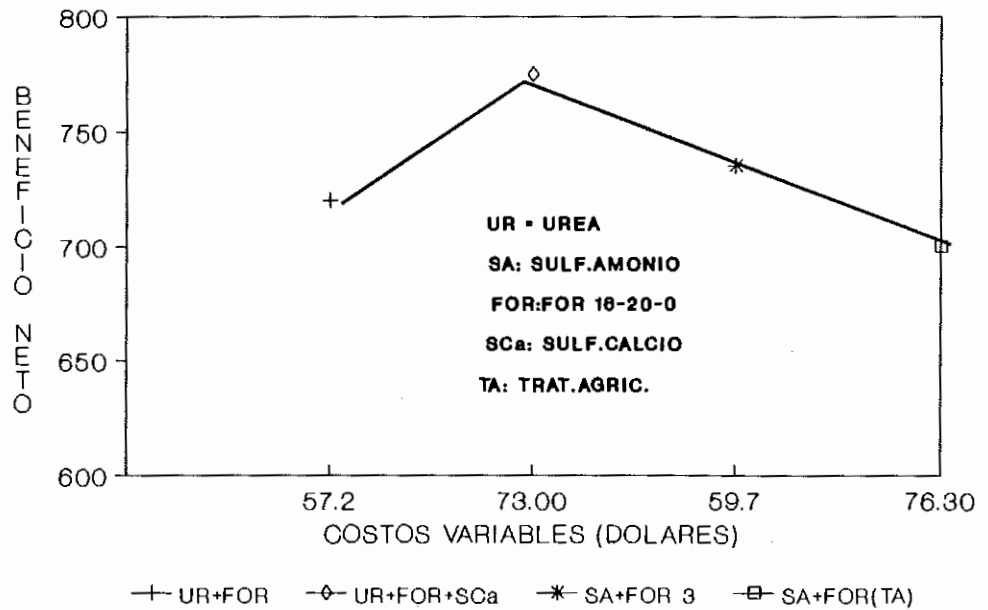
**COMBINADO A TRAVES DE LOCALIDADES**



**FIGURA 3. RENDIMIENTO TOTAL DE GRANO EN SISTEMA MAIZ-FRIJOL RELEVO. OPICO, SACACOYO, CIUDAD ARCE, EL SALVADOR. 1990.**



**FIGURA 4. ANALISIS ECONOMICO DEL EFECTO DEL AZUFRE (SULF. CALCIO) SISTEMA MAIZ-FRIJOL, OPICO, SACACOYO, CIUDAD ARCE, EL SALVADOR. 1990.**



# RESPUESTA DEL MAIZ A LA FERTILIZACION CON NITROGENO Y FOSFORO EN TRES SUELOS DEL SUROESTE DE LA PROVINCIA DE CHIRIQUI

M. Acosta <sup>1</sup>; B. Pinzón <sup>2</sup>; J. C. Ruiz <sup>3</sup>.

## INTRODUCCION

El maíz *Zea mays* L. es uno de los granos básicos de mayor consumo en Panamá. La producción nacional no abastece la demanda interna incrementándose año tras años las importaciones; lo que representa para el país una fuerte erogación de divisas. Este aumento en la demanda se debe entre otras cosas a la expansión de la industria avícola, que utiliza gran parte de la producción en la elaboración de raciones para la alimentación animal y al incremento en el consumo, por el humano.

Incorporar nuevas áreas de producción y reducir las importaciones son alternativas viables que pueden ayudar a reducir a corto plazo el déficit de maíz. La provincia de Chiriquí, específicamente la llanura costera del Pacífico, desde los distritos de Barú hasta David posee las condiciones de clima y suelo para la

producción de maíz. A lo largo de la zona de producción los sistemas más comunes, donde el maíz es parte, se encuentran: arroz-maíz (arroz en primera coa y maíz en segunda), maíz-frijol de bejuco (maíz en primera coa y frijol en segunda).

Esta llanura posee un área de producción superior a las 10,000 hectáreas, de las cuales se cultivaron para 1989 aproximadamente 3,200 hectareas, con rendimiento promedio que no supera los 50 qq/ha, Acosta (1989).

Aunque los productores de la zona están familiarizados con el uso de fertilizantes, estudios realizados en años anteriores indican que este componente limita la producción de maíz. Sin embargo, pareciera mas comodo indicar al productor el problema, que brindarle una recomendación de fertilizante

---

<sup>1</sup> Ing. Agr. MSc. Especialista en Agronomía. Sub Centro de Santa Fé, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

<sup>2</sup> Ing. Agr. MSc. Especialista en Suelo, Sub-Centro de Gualaca, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

<sup>3</sup> Agr., Sub-Centro de Alanje, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

dentro de los parámetros de rentabilidad.

La recomendación de fertilizante en la zona está enmarcada en la percepción de los técnicos de extensión y en la mayoría de los casos a la iniciativa de los mismos productores. Es por ello que mediante este estudio se pretende proporcionar información básica sobre la fertilización del maíz con nitrógeno y fósforo, que permita a los productores incrementar los rendimientos a costos oportunos.

#### REVISION DE LITERATURA

Las aplicaciones de nitrógeno en los sistemas de producción de cereales son esenciales. Se han adelantado investigaciones extensivas sobre fertilización nitrogenada con maíz, Sánchez y Salinas (1983). Grove (1979), demostró que aplicaciones del orden de 80 - 120 kg de N/ha producen casi el 95% del rendimiento máximo, que en el caso del maíz corresponde a 5 ton/ha.

En ambientes de alta precipitación con frecuencia se requieren dosis más altas de nitrógeno que las indicadas por Grove (1979) Sánchez y Salinas (1983). Sin embargo, la aplicación fraccionada del nitrógeno en dos porciones aumenta la recuperación de este elemento por la planta de maíz, Washington (1971).

En América Tropical, donde las respuestas del maíz al nitrógeno son por lo

general más altas, las dosis de aplicación van desde 60-150 kg/ha Sánchez (1981).

Además del suelo, existen otros factores que condicionan la respuesta al nitrógeno, como son: la variedad, población de plantas por hectáreas y la precipitación pluvial, Sánchez (1973).

Para cada zona, las mejores formas de determinar la dosis de aplicación de nitrógeno se consiguen a través de experimentos de campo, cálculos basados en la observación de nitrógeno y la recuperación esperada del nitrógeno agregado, que un simple análisis del suelo. Además, las épocas de aplicación del nitrógeno deben programarse de manera que suministren nitrógeno a las plantas en sus etapas críticas de crecimiento; etapas que han sido identificadas para la mayoría de los cereales, Sánchez (1981).

La deficiencia de fósforo es uno de los factores limitantes más difundidos en América Tropical. Aproximadamente el 82% de la extensión del trópico americano, presenta deficiencia de fósforo en su estado natural. Los problemas de la deficiencia de fósforo se complican por la alta capacidad de fijación, muy difundida en el medio, Sánchez y Salinas (1983).

Los suelos con una alta fijación de fósforo se definen como aquellos que requieren adiciones de por lo menos

200 Kg de P/ha, con el fin de proporcionar una concentración de equilibrio de 0.2 ppm de P en la solución del suelo, Sánchez y Salinas (1983). Aunque el fósforo no se encuentra por debajo de los niveles críticos, requiere ser adicionado en cantidades superiores a la que se utiliza como recomendación tradicional, Martínez (1980).

El Laboratorio de Suelo del IDIAP indica que la aplicación de potasio no es necesario, ya que indirectamente, este no constituye un factor limitante para la producción. Ello indica la necesidad de racionalizar el uso de este, con el propósito de reducir costos.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización del experimento**

La investigación se realizó en las localidades de Corozal, Guarumal y Los Angeles de Siogúí, ubicadas en los distritos de David, Alanje y Bugaba respectivamente, extendida sobre la llanura costera del Océano Pacífico y con alta vocación para la producción de granos básicos.

La zona en su totalidad está ubicada en la Provincia de Chiriquí entre los 8°15 y 8°32 de latitud Norte y 8°25 y 8°43 de longitud Oeste, Contraloría General de la República (1987).

Tosi (1967), ubica estas localidades dentro de las zonas de vida "Bosque húmedo Tropical", que tienen como

características climáticas precipitaciones de hasta 2,300 mm anuales y temperatura promedio de 28°C. La altitud varía entre 10 y 100 metros sobre el nivel del mar, IRHE (1989).

Matthews (1960), ubica estos suelos dentro del grupo aluviales, generalmente profundos cuya coloración varía desde muy pardos hasta negros. Son francos arenosos con alto contenido de materia orgánica; que van desde bien drenado hasta imperfectamente drenados. En varios lugares la superficie es pedregosa, mientras que en otras el subsuelo consiste en una capa endurecida. Se adapta bien a la agricultura mecanizada e intensiva para los cultivos de arroz, maíz, frijol, caña de azúcar y pastos de buena calidad.

Según Matthews (1960), estos aluviones se formaron como producto del arrastre de materiales volcánicos re-depositados a los lados de los cauces de los ríos Chiriquí Viejo, Divalá, Gariché, Escarrea, Chico, Chirigagua y Platanal, entre otros.

Estos suelos pertenecen a la familia Medial, isohyperthermic, oxic dystrandep, de textura franco arenosa con alto contenido de materia orgánica, Jaramillo y Col (1985).

### **Localidad de Corozal**

Matthews (1960), ubica estos suelos dentro de la serie Jacú franco limoso,

proveniente de aluviones recientes moderadamente bien drenados y profundos. Presenta una acidez de moderada a baja, con un contenido de materia orgánica entre moderado a alto. El fósforo es el nutriente más limitante para la mayoría de los cultivos.

#### **Localidad de Guarumal**

De igual forma, Matthews (1960), ubica los suelos de Guarumal dentro de la serie Gariché arenoso fino de origen aluvial moderadamente drenados y profundos. el PH es moderadamente ácido e igual el contenido de materia orgánica. La producción de grano es bastante baja a menos que se apliquen cantidades considerables de abono nitrogenado.

#### **Localidad de Los Angeles de Siogui**

Los suelos de Los Angeles de Siogui se ubican según Matthews (1960) dentro de la serie Siogui pedregoso. Son suelos Andosoles de color negro bien drenados y de baja densidad en el horizonte A. Se organizaron por la carbonización de la materia orgánica mediante la presencia de silicatos alcalinos. Estos suelos constituyen depósito de ceniza volcánica, secundarios o no retransportados. Son moderadamente ácidos, con un contenido de materia orgánica muy alto.

Son suelos productivos pero deficientes en fósforo y quizás en algunos elementos menores. Debido a la alta

pedregosidad, en estos suelos se desarrolla una agricultura tradicional "a chuzo" en cultivos como el maíz, yuca, arroz y frijol de bejuco y poroto.

En el Cuadro 1, se describen las características químicas y físicas de los suelos de las localidades donde se establecieron los experimentos.

#### **Manejo del experimento**

Los ensayos se establecieron en campo de productores colaboradores en cada una de las localidades. La preparación del terreno consistió en la aplicación de 1.44 kg i.a/ha del herbicida glifosato, dos semanas antes de la siembra.

La siembra se llevó a cabo la última semana de junio y la primera de julio de 1989. Esta se realizó en forma manual "a chuzo" y para ello se utilizó la variedad de maíz Alanje, Acosta (1989).

Los tratamientos se establecieron en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglados en un factorial incompleto (diamante doble modificado). La unidad experimental consistió en cuatro surcos de cinco metros de largo separados a 0.80 metros entre sí y 0.20 metros entre planta, con la cual se obtuvo una población teórica de 62,500 plantas por hectárea. La parcela tuvo un área de 16m<sup>2</sup> (3.20 x 5.00 m) y 6.40 m<sup>2</sup> (1.60 x 4.00) de área

efectiva.

Las fuentes de nutrientes utilizadas en los tratamientos fueron urea 46% de N, superfosfatos triple 46%  $P_2O_5$  y cloruro de potasio 60% de  $K_2O$ .

La totalidad de la fertilización con fósforo y potasio y el 30% del nitrógeno se incorporó en el suelo al momento de la siembra y a un lado de la semilla; el 70% del nitrógeno restante se incorporó a los 30 días después de la emergencia a un lado de la planta de maíz. Todas las parcelas a excepción del testigo recibieron una aplicación uniforme de 25 kg de  $K_2O$ /ha.

Posteriormente a la siembra, se aplicó la mezcla de los herbicidas atrazina y pendimetalin a dosis de 1.0 y 1.5 Kg i.a./ha en preemergencia al cultivo y a las malezas. Adicionalmente, a los 30 días después de la emergencia del maíz y en forma dirigida (con pantalla), se aplicó el herbicida Paraquat a dosis de 0.4 kg i.a./ha.

Para proteger las plantas de ataque de insectos del suelo, se aplicó junto a la semilla el insecticida Terbufos a dosis de 2 Kg i.a./ha. Los insectos del follaje (gusanos cogolleros y otros) se matuvieron a un nivel de daño económicamente aceptable con una aplicación del insecticida deltametrina a dosis de 60 g i.a./ha.

El rendimiento en kg/ha

de maíz al 14% de humedad se calculó en base a la producción de la parcela efectiva de los surcos centrales.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los Cuadros 3, 4 y 5 muestran el efecto de las dosis de nitrógeno y fósforo sobre la producción de maíz en el suelo de Corozal, encontrándose solamente significancia ( $P < .001$ ) de los efectos lineales y cuadrático del fósforo. La Figura 1, muestra la relación de los efectos del fósforo sobre los rendimientos del cultivo de maíz y está dada por una respuesta cuadrática;  $Y = 3693 + 9.20P - .0167P^2$ .  $R^2 = .203$ . ( $P < .001$ ). El mayor incremento en rendimientos (629 kg/ha) se da al pasar de 0 a 80 kg  $P_2O_5$ /ha. La mayor respuesta biológica se da con la aplicación de 320 kg  $P_2O_5$ /ha, con un rendimiento de 4950 kg maíz/ha; a partir de esta dosis de fósforo los incrementos en rendimientos son negativos.

Al obtener esta respuesta al fósforo se demuestra claramente que este suelo es deficiente en dicho elemento, tal como la indicado Matthews y Col. (1960), quienes reportan que los suelos de Corozal ubicados en la serie Jacú franco arenoso fino, su mayor limitante es la deficiencia de fósforo. También esta respuesta se ve apoyada por los análisis de suelo del Cuadro 1, donde los valores de fósforo son sumamente bajos, del orden de 3.5 ppm.



La poca respuesta a la aplicación de nitrógeno, es indicativo de que el suelo contiene suficiente reserva de este elemento, al juzgar por el alto contenido de materia orgánica (11.5%). Al observar las respuestas a la fertilización, se puede producir altos rendimientos de maíz con la aplicación de fósforo (80 kg  $P_2O_5$ /ha, obviando la utilización de nitrógeno.

En los Cuadros 6 y 7, se presentan las tasas marginales de retorno para las dosis de nitrógeno y fósforo. Para el nitrógeno, la aplicación de 50 kg N ha presentó la mayor tasa de retorno con 70 por ciento o sea, que al invertir B/.0.52 por Kg de N, se recupera la inversión y se obtiene una ganancia adicional de B/.0.70. Para el caso del fósforo, cuando se aplicó 80 kg  $P_2O_5$ /ha, se obtiene una tasa de retorno de 56 por ciento; o sea, que al invertir B/.0.86 kg de  $P_2O_5$ , se recupera la inversión y se obtiene una ganancia adicional de B/.0.56.

Los Cuadros 8 y 9 indican el efecto de las dosis de nitrógeno y fósforo, sobre el rendimiento de maíz en el suelo de Guarumal; donde sólo hubo efecto significativo del nitrógeno ( $P < .001$ ). La Figura 2, muestra la relación del efecto del nitrógeno sobre los rendimientos del maíz, encontrándose una respuesta cuadrática;  $Y = 3200 + 39.3N - 0.1224N^2$ .  $R^2 = .86$  ( $P < .001$ ). La curva muestra que el mayor incremento en rendimiento (661 kg maíz/ha)

se da al pasar de 0 a 50 kg N/ha. La máxima respuesta biológica se encuentra con la aplicación de 160 kg N/ha, produciéndose rendimiento de 6360 kg de maíz/ha; a partir de esta dosis de nitrógeno los incrementos en rendimiento son negativos. Si bien es cierto que el contenido de materia orgánica (5.50%), es aceptable, se encontró este tipo de respuesta, debido a que este suelo es completamente arenoso (62%) y que en el área ocurren altas precipitaciones, perdiéndose parte del nitrógeno por lixiviación, Grove (1979). Estos resultados concuerdan con Matthews y col. (1960), que afirman que la producción de grano en este suelo es bastante baja a menos que se apliquen cantidades considerables de abono nitrogenado.

Por otro lado, al no encontrarse respuesta de este cultivo a la dosis de fósforo aplicado es indicativo de que la cantidad de 20.90 ppm de éste en el suelo, es lo suficiente para producir maíz. De acuerdo a los resultados, dosis de nitrógeno entre 50 - 100 kg N/ha en este cultivo se obtienen producciones de maíz de 6.0 ton/ha.

Las tasas marginales de retorno para las dosis de N y P, se presentan en los Cuadros 10 y 11. Con la aplicación de 50 kg H/ha se obtiene una tasa de retorno de 708% o sea que, al invertir B/.0.52 por kg de N aplicado se recuperó la inversión y se obtuvo B/.7.08

adicionales; mientras que con el fósforo se obtuvo una tasa de retorno negativa, por lo cual es necesario para los próximos ensayos a establecer en Guarumal, ajustar las dosis de fósforo por debajo de los 80 kg/ha, con el propósito de encontrar las dosis que garanticen una tasa de retorno económicamente rentable.

En los Cuadros 12 y 13, se observa el efecto de las dosis de nitrógeno y fósforo sobre la producción de maíz en el suelo de Sioguí, donde sólo hubo un efecto significativo ( $P < .005$ ) del fósforo. La Figura 3, muestra la relación del efecto del fósforo sobre los rendimientos de maíz, encontrándose una relación cuadrática  $Y = 2575 + 11,00P - 0.0253P^2$ .  $R^2 = .144$ ; ( $P < .005$ ). La curva muestra que el mayor incremento en rendimiento de maíz (718% kg/ha), se da al pasar de 0 a 80 kg  $P_2O_5$ /ha. La máxima respuesta biológica se alcanza con la aplicación de 240 kg  $P_2O_5$ /ha, con un rendimiento de 3758 kg maíz/ha; a partir de esta dosis de fósforo los incrementos en rendimientos son negativos.

Era de esperar mayores rendimientos por efecto del fósforo, debido a su bajo contenido en el suelo (4.26 ppm), atribuyéndose posiblemente a que existe una gran fijación de este elemento en el suelo, causada por la arcilla amorfa alofana (Mattews y Col. 1960) y también a impedimento físico para las raíces a causa de la

gran pedregosidad existente en este suelo.

La poca respuesta encontrada por efecto de la aplicación de nitrógeno se debe a su alto contenido en el suelo de materia orgánica (11.26%).

Las tasas de retorno para las dosis de nitrógeno y fósforo, se dan en los Cuadros 14 y 15 en ambos casos se observa tasa de retorno negativas, lo que implica ajustar las dosis de nitrógeno y fósforo en un próximo experimento, de dosis menores de 50 y 80 kg/ha respectivamente de ambos elementos, con el propósito de encontrar las dosis que garanticen las tasas de retorno económicamente rentables.

#### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este ensayo permiten las siguientes conclusiones:

- Que con aplicaciones solamente de fósforo se consiguen altos rendimientos de maíz en los suelos de Corozal y Sioguí, y de nitrógeno sólo en el suelo de Guarumal.
- Los resultados son indicativos de la gran cantidad de dinero que pierden los agricultores al hacer aplicaciones masivas al maíz de fertilizantes de formulación completa a base de nitrógeno, fósforo y potasio.

- Los análisis económicos mostraron mayor rentabilidad con la aplicación de 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha al maíz en el suelo de Corozal, 50 kg N/ha en el suelo de Guarumal y ninguna rentabilidad con la aplicación de nitrógeno o fósforo en el suelo de Sioguí.

#### BIBLIOGRAFIA

**ACOSTA, M.A. 1989.** Aspectos importantes en la selección de la información secundaria del Distrito de Alanje: Selección de un área de trabajo. Curso Interfase, Costa Rica. Inédito, 33 p.

#### CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA. 1989.

Estadística Panameña. serie Meteorológica. Sección 121: Clima.

#### GROVE, T.L. 1979.

Agricultura, Cornell Int. Agriculture. Editor Bull, 36 pag.

#### INSTITUTO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA DE PANAMA. 1989.

Análisis y recomendación para la producción de cosechas. Departamento de Suelos.

#### INSTITUTO DE RECURSOS HIDRAULICOS Y ELECTRIFICACION. 1990.

Registro mensual de precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa de las estaciones meteorológicas de los Distritos de David, Alanje y Bugaba. Departamento de Hidrometeorología, Panamá. 3 pág.

#### MARTINEZ, J.C. 1980.

Programa de Investigación en producción de maíz y sorgo. Información Preliminar. IDIAP-Los Santos. 120 pag.

#### MATTHEWS. E.D. et al. 1960.

Clasificación agrológica, capacidad de las tierras y agricultura del Suroeste de la Provincia de Chiriquí. SICAP. Ministerio de Agricultura, Comercio e Industria, Panamá. 135 pag.

#### SANCHEZ, P.A. 1973.

Fertilización nitrogenada. In: Una reseña de la investigación de los suelos del trópico en América Tropical. Carolina del Norte. Boletín técnico No 0219 pp 90-125.

\_\_\_\_\_. 1981. Suelos del Trópico. Características y manejo. IICA, San José-Costa Rica. pp 187 - 225.

#### \_\_\_\_\_. y SALINAS, J.G. 1983.

Suelos Acidos. Estrategia para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo (A.A. 51791 Bogotá, Colombia). pp. 73-75.

#### TOSI, J.A. 1967. Bioclimas de

Panamá. In: El árbol es vida: protégelo. Compañía Panameña de Alimentos, S.A. pp 17-30.

#### WASHINGTON. B. E. 1971.

Dosis y fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en maíz en Chapingo, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduado.

CUADRO 1. CARACTERISTICAS QUIMICAS Y FISICAS DE LOS SUELOS DE LAS LOCALIDADES DONDE SE ESTABLECIERON LOS EXPERIMENTOS.  
CHIRIQUI, PANAMA, 1989.

Localidades	A	L	Arc.	pH	M.O.%	P	K	Ca	Mg	Al	Textura
	%					mg/al			me/100 al		
Corozal	50	38	2	6.2	11.52	3.55	173.3	5.04	4.07	0.04	Franco Arenoso
Guarumal	62	34	2	6.2	5.53	20.90	194.4	4.07	2.72	0.04	Franco Arenoso
Los Angeles de Sioqui	48	46	4	5.6	11.26	4.26	219.0	2.09	1.16	0.04	Franco Arenoso

FUENTE: Laboratorio de Suelo - IDIAP - Divisa (1989).

CUADRO 2. TRATAMIENTO UTILIZADO EN EL ENSAYO

	N kg/ha	P205 Kg/ha
1	0	0
2	0	160
3	0	320
4	50	80
5	50	240
6	100	0
7	100	160
8	100	320
9	150	80
10	150	240
11	200	0
12	200	160
13	200	320

CUADRO 3. CUADRADO MEDIO PARA RENDIMIENTO DE MAIZ (kg/ha) POR EFECTO DEL NITROGENO EN CORDZAL. DAVID, 1989.

FV	GL	CM Del Rend. (kg/ha)
Modelo	2	1,807,944.39 NS
N	1	1,534,772.49 NS
N#N	1	601,896.57 NS
Error	49	679,841.36 NS
Total	51	

##= P<.001; NS= No significativo.

CUADRO 4. CUADRADO MEDIO PARA RENDIMIENTO DE MAIZ (kg/ha) POR EFECTO NITROGENO LINEAL EN CORDZAL. DAVID, 1989.

FV	GL	CM Del Rend. (kg/ha)
Modelo	1	10,634,872.58 ##
P	1	10,634,872.58 ##
Error	50	525,684.86
Total	51	

##= P<.001; NS= No significativo.

CUADRO 5. CUADRADO MEDIO PARA RENDIMIENTO DE MAIZ (kg/ha) POR EFECTO DE FOSFORO CUADRATICO.

FV	GL	CM Del Rend. (kg/ha)
Modelo	1	7,520,186.06 ##
P#P	1	7,520,186.06 ##
Error	50	588,158.59
Total	51	

##= P<.001; NS= No significativo.

CUADRO 6. COSTO BENEFICIO DE LA APLICACION DE NITROGENO EN MAIZ. COROZAL, DAVID, 1989.

N kg/ha	Rendimientos Calculados kg/ha	Total de Costos Variables B./ha	Beneficios Netos B./ha	Tasa de Retorno Marginal (%)
0	4065	0	732.00	70
50	4414	37.00	758.00	54
100	4640	63.00	772.00	
150	4742	90.00	764.00	
200	4722	116.00	734.00	

$$Y = 4065 + 8.206N - 0.0246N^2$$

CUADRO 7. COSTO BENEFICIO DE LA APLICACION DE FOSFORO EN MAIZ. COROZAL, DAVID, 1989.

P2O5 kg/ha	Rendimientos Calculados kg/ha	Total de Costos Variables B./ha	Beneficios Netos B./ha	Tasa de Retorno Marginal (%)
0	3693	0	676.50	56
80	4322	73.80	717.89	11
160	4737	142.60	725.21	
240	4939	211.40	693.45	
320	4927	280.00	622.41	

$$Y = 3693 + 9.20P - 0.0167P^2$$

CUADRO 8. CUADRADO MEDIO PARA RENDIMIENTO DE MAIZ (kg/ha) POR EFECTO DE NITROGENO. GUARUMAL, ALANJE, 1989.

FV	GL	CM Del Rend. (kg/ha)
Modelo	2	38,361,276.69 **
N	1	35,268,359.64 **
N#N	1	14,861,855.44 **
Error	49	241,292.88
Total	51	

\*\*= P<.001; NS= No significativo.

CUADRO 9. CUADRADO MEDIO PARA RENDIMIENTO DE MAIZ (kg/ha) POR EFECTO DEL FOSFORO. GUARUMAL, ALANJE, 1989.

FV	GL	CM Del Rend. (kg/ha)
Modelo	2	581,731.52 NS
P	1	1,099,986.94 NS
P#P	1	1,160,129.83 NS
Error	49	1,783,331.13
Total	51	

\*\*= P<.001; NS= No significativo.



CUADRO 10. COSTO BENEFICIO DE LA APLICACION DE NITROGENO EN MAIZ. GUARUMAL, ALANJE, 1989

N kg/ha	Rendimientos Calculados kg/ha	Total de Costos Variables B/./ha	Beneficios Netos B/./ha	Tasa de Retorno Marginal (%)
0	3200	0	576.00	708
50	4861	37.00	838.00	627
100	5009	63.00	1001.00	193
150	6346	90.00	1053.00	
200	6170	116.00	995.00	

$$Y = 3200 + 39.33N - 0.1224N^2$$

CUADRO 11. COSTO BENEFICIO DE LA APLICACION DE FOSFORO EN MAIZ. GUARUMAL, ALANJE, 1989.

P205 Kg/ha	Rendimientos Calculados Kg/ha	Total de Costos Variables B/./ha	Beneficios Netos, B/./ha	Tasa de Retorno Marginal (%)
0	5083	0	915.00	neg.
80	5344	73.80	887.20	
160	5435	142.60	835.70	
240	5353	211.40	752.14	
320	5104	280.00	638.52	

$$Y = 5083 + 4.3423P - 0.0134P^2$$

CUADRO 12. CUADRADO MEDIO PARA RENDIMIENTO DE MAIZ (kg/ha) POR EFECTO DEL NITROGENO. LOS ANGELES DE SIOGUI, BUGABA, 1989.

FV	GL	CM Del Rend. (kg/ha)
Modelo	2	1,213,476.78 NS
N	1	2,232,210.34 NS
N#N	1	1,705,827.05 NS
Error	49	392,434.33
Total	51	

##= P<.001; NS= No significativo.

CUADRO 13. CUADRADO MEDIO PARA RENDIMIENTO DE MAIZ (kg/ha) POR EFECTO DEL FOSFORO. LOS ANGELES DE SIOGUI, BUGABA, 1989.

FV	GL	CM Del Rend. (kg/ha)
Modelo	1	3,137,911.45 ##
P#P	1	3,137,911.46 ##
Error	50	370,366.49
Total	51	

##= P<.001; NS= No significativo.

CUADRO 14. COSTO BENEFICIO DE LA APLICACION DE NITROGENO EN MAIZ. LOS ANGELES DE SIOGUI, BUGABA, 1989.

N kg/ha	Rendimientos Calculados kg/ha	Total de Costos Variables B./ha	Beneficios Netos B./ha	Tasa de Retorno Marginal (%)
0	2986	0	537.48	neg.
50	3377	36.00	571.86	neg.
100	3561	62.00	578.98	
150	3537	88.00	548.66	
200	3305	114.00	480.90	

$$Y = 2986 + 9.891N - 0.0415N^2$$

CUADRO 15. COSTO BENEFICIO DE LA APLICACION DE FOSFORO EN MAIZ. LOS ANGELES DE SIOGUI, BUGABA, 1989.

P205 kg/ha	Rendimientos Calculados kg/ha	Total de Costos Variables B./ha	Beneficios Netos B./ha	Tasa de Retorno Marginal (%)
0	2575	0	463.50	neg.
80	3293	73.80	518.94	neg.
160	3687	142.60	595.22	
240	3758	211.40	539.20	
320	3504	280.00	425.06	

$$Y = 2575 + 11.00P - 0.0253P^2$$

FIG.1 RESPUESTA DEL MAIZ A LA FERTILIZACION CON FOSFORO, COROZAL. 1989

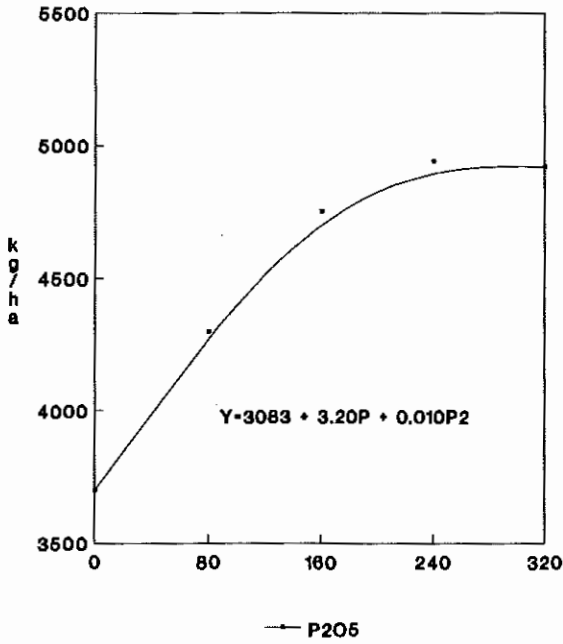


FIG.2 RESPUESTA DEL MAIZ A LA FERTILIZACION CON NITROGENO, GUARUMAL, ALANJE. 1989

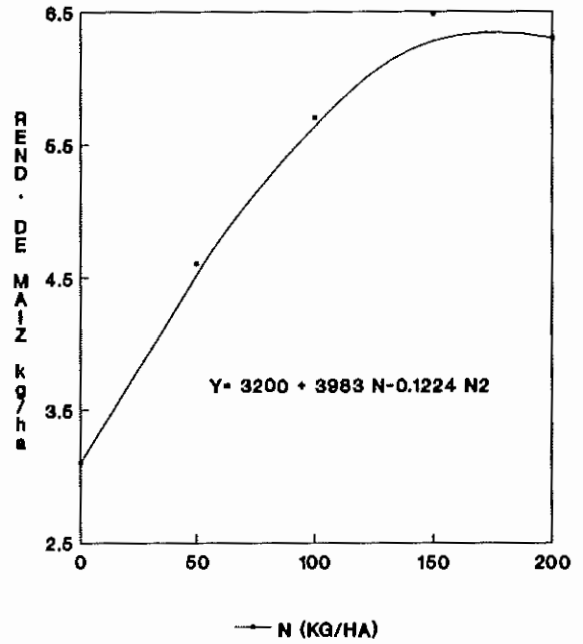
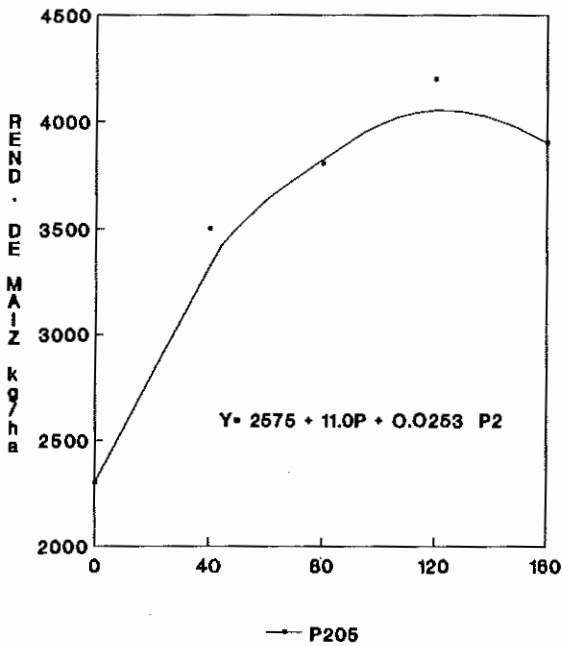


FIG.3 RESPUESTA DEL MAIZ A LA FERTILIZACION CON FOSFORO, LOS ANGELES SIGUL, BUGABA. 1989



## AGRONOMIA Y FISIOLOGIA A. Estudio de Sistemas

### EFFECTO DE INTERCALAR LEGUMINOSAS A DIFERENTES DOSIS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAIZ, Zea mays L. EN 24 ENSAYOS A TRAVES DE CENTRO AMERICA

J. L. Zea <sup>1</sup>

#### RESUMEN

Durante 1989 y 1990 se establecieron 24 ensayos similares con maíz a través de Centro América y El Caribe. Objetivos específicos fueron: I) evaluar el efecto de intercalar leguminosas con el cultivo del maíz, II) establecer 229 a 231 los requerimientos de fertilización con P en un sistema de maíz intercalado con leguminosa, III) determinar la cobertura del suelo por la leguminosa como indicador del potencial para reducir la erosión y IV) evaluar el control de las malezas ocasionado por la leguminosa intercalada. En los dos años de experimentación se evaluaron en forma consistente las siguientes leguminosas: Stizolobium deeringianum Bort (mucuna), Vigna unguiculata L. y Canavalia ensiformis L., cada una a dosis de 20 y 40 kg P/ha.

En general, los resultados obtenidos en 1989 son similares a los de 1990. Los rendimientos medios de grano de maíz para las dife-

rentes localidades variaron entre 1.8 y 6.0 ton/ha en 1989 y 1.0 y 5.6 ton/ha en 1990, ilustrando la gran variabilidad de condiciones ambientales imperantes en las zonas maiceras de Centro América. El rendimiento de maíz siempre fue menor con leguminosas que sin leguminosas a las mismas dosis de P. A través de ambos años C. ensiformis redujo el rendimiento de maíz en 0.310 ( $\pm 0.32$ ) ton/ha, V. unguiculata en 0.540 ( $\pm 0.48$ ) ton/ha y S. deeringianum con 0.610 ton/ha ( $\pm 0.69$ ) ton/ha. Dentro del rango de ambientes evaluados la reducción del rendimiento por la leguminosa fue independiente del potencial ambiental, medido este como el rendimiento medio de todos los tratamientos en una localidad dada. La independencia del efecto de reducción del rendimiento de maíz por la leguminosa en relación al potencial de rendimiento ambiental constituye un argumento valioso en soporte de la obtención de información agronómica a través de ensayos regionales de este tipo.

---

<sup>1</sup> Investigador. Programa de Maíz de IETA, Guatemala. En representación del Proyecto Colaborativo de Agronomía de los Programas Nacionales de C.A; El Caribe y CIMMYT.

## INTRODUCCION

La respuesta a la aplicación de P fue variable y dependió del año, el sitio y la leguminosa. En ambos años se observó una respuesta positiva a la aplicación de P en maíz sin leguminosa. En 1989, se observó una respuesta positiva a la operación de P en maíz intercalada con S. deeringianum, y en 1990 con C. ensiformis.

La evaluación de cobertura del suelo por la leguminosa (promedio de 8 ensayos) indica que a los 30 días después de la siembra del maíz, V. unguiculata es la que mejor cobertura realiza, con 62%, seguido de C. ensiformis con 38% y S. deeringianum con 35%. La magnitud de la cobertura de suelo por la leguminosa depende de la densidad de siembra de ésta y características inherentes a la leguminosa.

Los resultados de estos ensayos indican que C. ensiformis presenta características sobresalientes como siembra intercalada por su menor competencia con el maíz y su hábito de crecimiento arbustivo y profunda raíz pivotante. Asimismo, los resultados preliminares sobre el efecto residual de esta leguminosa indican que la disminución del rendimiento del maíz en el primer ciclo de cultivo puede ser compensado en el segundo ciclo en virtud del N fijado y/o adición de materia orgánica por esta leguminosa.

En la región de Centro América y el Caribe una gran proporción del maíz (Zea mays L.) se siembra en áreas marginales. Muchas de estas zonas están caracterizadas por suelos de baja fertilidad y frágiles, frecuentemente en laderas, precipitación errática e insuficiente, y bajo una agricultura típica de subsistencia con bajos insumos. Debido al mal manejo, los suelos en estas zonas marginales tienen un alto potencial de erosión y han sufrido una degradación severa en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Sánchez (1976), reporta que en el trópico húmedo se pierden cerca de 5 a 7 millones de hectáreas de suelo por año debido a la erosión. La National Academy of Sciences (1984), afirma que el mantenimiento y la restauración de la fertilidad y estructura del suelo es esencial en la sostenibilidad de sistemas agrícolas a largo plazo. Con la perspectiva de desarrollar tecnologías adecuadas para mantener la sostenibilidad de los sistemas de producción de maíz en zonas marginales, en 1989 se inició un proyecto a través de la región de Centro América para evaluar el uso potencial de leguminosas intercaladas con la siembra del maíz. La racionalidad de intercalar leguminosas era: (a) reducir la erosión al mantener una mayor cobertura del suelo; (b) reducir la incidencia de malezas; (c) mejorar la estructura del suelo al

incrementar la materia orgánica; y (d) aportar nitrógeno (N) al sistema por fijación directa del N atmosférico por la leguminosa. Posibles desventajas al maíz serían la competencia directa de la leguminosa por agua, radiación solar y nutrientes, con posibles reducciones a corto plazo en el rendimiento del maíz, ya que para el maíz la leguminosa actuaría como una maleza.

Se han realizado numerosos estudios para buscar la posibilidad de establecer leguminosas, tanto anuales como perennes, como cultivos intercalados con cereales. La agroforestería con leguminosas arbóreas es una variante de este mismo principio, y los beneficios de la rotación de cultivos con leguminosas es bien conocida. Carroll *et al.* (1981) en estudios a largo plazo demostraron que se podía establecer *Vicia* spp, *Lotus corniculatus* y *Lathyrus sylvestris* como cultivos de cobertura permanentes asociados con maíz. Un trabajo similar realizado en Nigeria mostró que *Centrosema pubescens* y *Psophocarpus palustris* se podrían establecer junto con el maíz para controlar malezas, Akobundu (1980). Los resultados mostraron que los rendimientos fueron más altos cuando se usó este sistema que los testigos bajo labranza de conservación. Normalmente, a corto plazo se produce una reducción en el rendimiento de los cereales cuando se asocian con una

leguminosa, Francis (1989). Sin embargo, lo que hace que estos sistemas sean ventajosos a largo plazo es el beneficio que brinda la leguminosa al fijar N, proteger al suelo contra la erosión, alterar la dinámica de plagas e insectos, mejorar la estructura del suelo, y aportar materia orgánica Leach *et al.* (1986). Trabajos realizados por Mello (1978) reportan rendimientos de materia fresca de 23.4 ton/ha para *Canavalia ensiformis* y de 27.6 ton/ha para *Stizolobium deeringianum*, con contenidos de N en la materia seca de 3.5 y 2.8%, respectivamente. En ese mismo estudio se estimó que las cantidades de N fijados fueron de 190 y 157 kg/ha por año. Considerando la dinámica en los sistemas de siembras intercaladas, es difícil atribuir los cambios en rendimiento a un sólo efecto; por ejemplo, los beneficios de N dados por la leguminosa tienen un costo de competencia por radiación solar, agua y otros nutrientes (e. g. P), al ser estos demandados simultáneamente por ambas especies, Francis (1989).

Se ha estimado que la presión de malezas puede ser el factor más importante que limita la producción de cultivos en países del trópico Holm (1971). El control de malezas representa la mayor demanda de mano de obra durante el ciclo y tiende a limitar el área sembrada por el agricultor Moody (1977). El control de las malezas constituye además

uno de los costos más importantes en el cultivo. Las siembras intercaladas juegan un papel específico en este sentido en virtud que la rápida cobertura del suelo disminuye la incidencia de malezas. Un trabajo realizado por Gliessman (1983) indicó que Vigna sinensis, Canavalia ensiformis y Stizolobium deeringianum tenían un efecto alelopático en el control de malezas cuando fueron sembradas en asocio con maíz.

A partir de la revisión de la literatura, se identificaron varias leguminosas que han sido reportadas como aptas para ser sembradas simultáneamente con el maíz y que tendrían posible adaptación a los sistemas de cultivo existentes a altitudes menores de 1500 msnm, lo cual representa más del 80% del área sembrada con maíz en Centro América. La lista incluía Stizolobium deeringianum Bort (Mucuna), Canavalia ensiformis L., Vigna unguiculata L., Pueraria phaseoloides L. (kudzú), Lablab purpureus L., Centrosema spp, Cajanus cajan L. y Sesbania spp. En estudios preliminares realizados en Panamá y Guatemala se determinó que las especies C. cajan; P. phaseoloides; L. purpureus y Sesbania spp. no se adaptaban a las siembras intercaladas, por lo que se les descartó para estudios posteriores. Una característica esencial para la leguminosa destinada a siembras intercaladas con maíz era su capacidad de tolerar condiciones de sombra.

Estos estudios se concentraron en evaluar el efecto de intercalar las tres leguminosas más promisorias con maíz: Stizolobium deeringianum Bort, Vigna unguiculata L. y Canavalia ensiformis L. en una gran variedad de ambientes a través de la región Centroamericana. Los objetivos específicos eran: (a) evaluar el rendimiento del maíz en asocio con las leguminosas; (b) establecer los requerimientos de fósforo (P) comparando aplicaciones de 20 y 40 kg P/ha; (c) determinar la cobertura del suelo por las leguminosas como indicador del potencial para reducir la erosión; y (d) evaluar el control de las malezas ocasionado por la leguminosa intercalada.

#### MATERIALES Y METODOS

En 1989 y 1990 se realizaron ensayos similares a nivel regional para la evaluación de tres leguminosas, Stizolobium deeringianum Bort (mucuna), Canavalia ensiformis L. y Vigna unguiculata L. (var. Costa Sur), en siembra intercalada con maíz en diferentes localidades de Centro América, durante los ciclos de invierno (mayo-octubre) de 1989 (11 localidades) y 1990 (13 localidades). El Cuadro 1 presenta las características climáticas y edafológicas de las localidades donde se realizaron ensayos.

La variedad de maíz utilizada en cada localidad fue la recomendada por los



respectivos Programas Nacionales de Investigación en maíz para Centro América y El Caribe. En todas las localidades, excepto una, se utilizaron variedades mejoradas o híbridos de maíz con alto potencial de rendimiento.

Los ensayos se establecieron en su mayoría bajo es sistema de labranza cero (Cuadro 1). Las siembras se realizaron en los meses de mayo y junio, después del establecimiento de las lluvias. En 1989, las leguminosas se sembraron entre 0 y 15 días después del maíz, y en 1990 simultáneamente con maíz. Los tratamientos consistieron en tres leguminosas y un testigo sin leguminosa en arreglo factorial con dosis de P (20 y 40 kg P/ha). Aunque el experimento incluyó tratamientos adicionales para evaluar la respuesta a diferentes dosis de P y S en maíz sin leguminosa, estos no se incluyen como parte de la discusión. El diseño experimental en todas las localidades fue en bloques completos al azar, con 3 repeticiones.

Para la fertilización del maíz se aplicaron a la siembra, 50 kg N/ha como urea (46-0-0), con las dosis de P (20 y 40 kg P/ha) y S (20 kg S/ha como  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). A los 35-45 días después de la siembra (DDS) se aplicó 50 kg/ha como urea (46-0-0). En 1989, la parcela experimental fue de 4 surcos de maíz de 5 m de largo. En 1990, la parcela experimental fue de 6 surcos de 5 m de largo. La

distancia entre surcos fue variable, pero osciló entre 0.8-1.0 m con dos plantas por postura cada 0.5 m para obtener una densidad promedio de maíz de 44,000 plantas/ha. La siembra de las leguminosas se realizó en el espacio entre los surcos de maíz, utilizando distancias de 0.50 m entre posturas para S. deeringianum y C. ensiformis en un solo surco (44,000 plantas/ha) y de 0.25 m para unguiculata en dos surcos (88,000 y 176,000 plantas/ha) para 1989 y 1990, respectivamente). Una descripción detallada de estas leguminosas se encuentra en Zea et al. (1990).

Para el manejo de la leguminosa, en 1990, S. deeringianum se despuntó 2 o 3 veces durante el ciclo para evitar que compitiera mucho con el maíz. En 1989, ésta actividad no se realizó. En cada localidad se intentó mantener el cultivo libre de plagas y enfermedades, y en las parcelas sin leguminosas se hizo control de malezas cuando fue necesario. En la localidad de Jutiapa, Guatemala, el maíz se sembró en asocio con sorgo (Sorghum bicolor Moench), ya que esta es una práctica común en la región. Los datos de esta localidad muestran los rendimientos obtenidos del maíz y del sorgo, sólo que el efecto sobre el rendimiento de este se muestra en forma independiente.

En 1989, se registraron peso de mazorcas de los 2 surcos centrales de cada parcela sin eliminar bordes.

En 1990, se cosecharon las mazorcas y se determinó el peso rastrojo de maíz en los 4 surcos centrales de cada parcela experimental. Para convertir peso de mazorca a peso de grano se asumió un porcentaje de desgrane de 80%. La humedad de grano de maíz se determinó utilizando un determinador de humedad portátil. Las muestras de rastrojo se secaron en secadoras comerciales o solares hasta lograr peso constante. En algunas localidades en 1990 se evaluó la cobertura del suelo por la leguminosa y por las malezas utilizando un marco de 70 x 70 cm subdividido en segmentos de 10 x 10 cm, determinando el porcentaje de segmentos cubiertos por leguminosa o malezas en 2 lecturas por parcela cada 15 días. Asimismo en localidades selectas, se midió el peso de la biomasa de las leguminosas en los 4 surcos centrales.

En cada localidad se realizó un análisis de varianza estudiadas y se efectuaron contrastes ortogonales de un grado de libertad para comparaciones específicas preplaneadas. Para la evaluación de las diferencias entre los rendimientos de maíz con leguminosa y el tratamiento sin leguminosa a cada dosis de P, se utilizó una modificación de método de estabilidad relativa entre pares de tratamientos Mead et al, (1986). En este método se graficaron el valor de la media ambiental de todos los tratamientos contra las dife-

rencias entre los pares de tratamientos de interés, lo que posibilitó la evaluación del efecto neto de la leguminosa en relación a la siembra sin leguminosa, en el rendimiento del maíz.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Efecto de las leguminosas en el rendimiento de maíz

En general, los resultados obtenidos en 1989 son similares a los de 1990. El Cuadro 1, presenta los rendimientos de los tratamientos por cada localidad, parámetros estadísticos, y características climáticas y edafológicas de cada localidad para los datos de 1989 (11 ensayos) y 1990 (13 ensayos). Los rendimientos promedios de todos los tratamientos de grano de maíz variaron desde 1.0 a 6.0 ton/ha a través de las 24 localidades, indicando la gran variabilidad en el potencial ambiental de las distintas localidades. El error estándar de las diferencias entre promedios varió desde 0.24 a 0.70 ton/ha, y fue independiente del nivel del rendimiento ambiental.

Dada la ausencia de una relación clara entre el efecto de tratamientos con el potencial de rendimiento, a través de las diferentes localidades, se procedió a unificar la información de los análisis de varianza y los contrastes de un grado de libertad de todas las localidades, graficando las diferencias de rendimiento entre

tratamientos con leguminosas y el testigo sin leguminosas a las mismas dosis de P. Esta información se presenta para S. deeringianum (Figura 1a), V. unguiculata (Figura 1b) y C. ensiformis (Figura 1c). Los datos demuestran que en general, los rendimientos de maíz fueron menores en los tratamientos con leguminosa que sin leguminosa a las mismas dosis de fósforo V. unguiculata y S. deeringianum mostraron mayor competencia con el maíz que la observada para C. ensiformis. Asimismo la variabilidad de la respuesta fue menor para C. ensiformis.

Debido a que el efecto de la leguminosa sobre el rendimiento de maíz fue independiente del potencial ambiental y dosis de P, se utilizaron los promedios globales y sus desviaciones estándar para caracterizar la reducción neta del rendimiento a través de los diferentes ambientes evaluados. A través de los dos años y las 24 localidades evaluadas, C. ensiformis redujo el rendimiento de maíz en  $0.31 \pm 0.32$  ton/ha, V. unguiculata en  $0.54 \pm 0.48$  ton/ha y S. deeringianum en  $0.61 \pm 0.69$  ton/ha (FIG.2)

La considerable reducción del rendimiento de maíz observada para S. deeringianum posiblemente se debe en parte a que en 1989 no se despuntó y su competencia con el maíz fue mayor (Figura 3a, 3b). En 1990, se despuntó entre 2 y 3 veces para mantener su desarrollo bajo control, y puede notarse que

la reducción ocasionada es similar a la causada por las otras leguminosas. De otra parte, V. unguiculata, redujo más el rendimiento en 1990 que en 1989 (Figura 3a, 3b). Esto se explica debido a que en el primer ciclo de ensayos esta leguminosa se sembró a 88,000 plantas/ha mientras que en 1990 se sembró a 176,000 plantas/ha, causando una mayor competencia al maíz. Esto concuerda con estudios realizados por Enyi (1973) y por Chang y Shibles (1985), estudios que muestran que la siembra intercalada de esta leguminosa siempre reduce el rendimiento de maíz, especialmente a densidades altas. A pesar que V. unguiculata ocupa el segundo lugar en reducción de rendimiento de maíz, debe tenerse presente que produce ejote y grano comestible y puede compensar en parte la pérdida en rendimiento de maíz durante el ciclo de cultivo. De las tres leguminosas, C. ensiformis es la que menor reducción en rendimiento de maíz provoca, y por tanto, desde el punto de vista del maíz, es la más aceptable. La menor competencia de esta leguminosa posiblemente se debe al hábito de crecimiento arbustivo de la especie evaluada y a la profunda raíz pivotante, lo que hace que explore agua y nutrientes a niveles más profundos que el maíz, que depende de las regiones más superficiales del suelo.

Dentro del rango de ambientes evaluados (de 1.0 a 6.0 ton/ha), la reducción en el rendimiento de maíz por la

leguminosa fue independiente del potencial ambiental. La independencia del efecto de reducción del rendimiento de maíz por la leguminosa sobre el nivel de rendimiento para una localidad dada, constituye un argumento valioso en soporte de la obtención de información agronómica a través de ensayos regionales de este tipo.

#### **Efecto de las dosis P**

La respuesta a la aplicación de P fue variable y dependió del año, el sitio y la leguminosa. Sin embargo, en general, la reducción en rendimiento por la leguminosa es similar a ambos niveles de P. La respuesta a P no es consistente a través de años ni leguminosas. En 1989, se observó una respuesta a P en los promedios a través de localidades para S. deeringianum (Figura 3b), y en 1990 en C. ensiformis (Figura 3a). Estos datos sugieren parcialmente que la reducción en rendimiento de maíz se debe a una competencia por nutrientes, en particular P, ya que es conocido que las leguminosas tienen altos requerimientos de P.

#### **Efecto sobre la cobertura del suelo y control de malezas**

La cobertura del área entre surcos de maíz fue variable en cada localidad, leguminosa, así como a través del tiempo. Los datos promedio obtenidos en 8 ensayos a través de Centroamérica en 1990 muestran que a los 15 días después de la siembra del maíz, las tres

leguminosas hacen en promedio la misma cobertura (Figura 4a). La cobertura de C. ensiformis y S. deeringianum son bastante similares en las cuatro lecturas efectuadas a través del tiempo. A los 30 días estas dos leguminosas cubren aproximadamente el 45% y 41% del suelo, respectivamente para C. ensiformis y S. deeringianum; a los 45 días ambas cubren cerca del 58% y a los 60 días C. ensiformis cubre el 72% del suelo mientras que S. deeringianum cubre el 63%. El comportamiento de V. unguiculata es diferente a las dos anteriores. Por su ciclo corto (60-70 días) y la densidad a la que fue sembrada (176,000 plantas/ha), ésta leguminosa hace mayor cobertura que las otras y a los 30 días ya cubre el 67%, llegando a los 45 días a 87%, ésta es la mayor cobertura que realiza, pues luego inicia su defoliación, tal como lo indica el 73% de cobertura a los 60 días.

El desarrollo de las malezas en los tratamientos con leguminosas fue también variable en relación a la especie y del tiempo (Figura 4b). Los datos de cobertura por maleza que se presentan fueron tomados en cuatro localidades de Guatemala. A los 15 días, el porcentaje de suelo cubierto por maleza es similar en las tres leguminosas (11% para S. deeringianum, 12% para V. unguiculata y 13% para C. ensiformis). El tratamiento con V. unguiculata muestra una disminución de la cobertura por maleza a través del tiempo. A los 30

días baja a 10% y a los 45 días llega a 9%. Esto se explica en relación al ciclo corto de esta leguminosa. A los 60 días, cuando V. unguiculata ya está en plena senescencia, el porcentaje de suelo cubierto por maleza tiende a aumentar (11%). En los tratamientos con S. deeringianum y C. ensiformis el comportamiento de las malezas tiende a ser similar en los primeros 45 días, aunque ligeramente mayor para C. ensiformis (13%, 18% y 20% contra 11%, 14% y 14%, a los 15, 30 y 45 días, respectivamente). A los 60 días, la cobertura por las malezas en estos tratamientos tiende a estabilizarse o a disminuir ligeramente. Los datos de cobertura de la leguminosa demuestran que durante los primeros 30 días es posible tener una cobertura significativa a nivel del suelo, lo que contribuye a disminuir la erosión durante este período crítico.

En las localidades en donde se obtuvieron datos de biomasa de las leguminosas con los siguientes resultados promedio, S. deeringianum produjo 1.73 ton/ha, V. unguiculata produjo 3.59 ton/h y C. ensiformis 5.40 ton/ha.

#### **Efecto de la leguminosa en el asocio maíz-sorgo**

En la localidad Jutiapa, Guatemala, se sembró en asocio maíz-sorgo. Aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de grano de sorgo entre las tres

leguminosas, C. ensiformis causó la mayor reducción de rendimiento de grano con 0.517 ton/ha, en promedio sobre dosis de P (Cuadro 3). Esto se explica porque esta leguminosa continuó en crecimiento durante todo el ciclo del sorgo. Después de la dobla del maíz esta leguminosa desarrolló hasta cubrir totalmente el espacio entre surcos, lo cual necesariamente produjo más competencia con el sorgo, especialmente por humedad.

#### **CONCLUSIONES**

En la evaluación de 24 ensayos a través de dos años se observó que la siembra intercalada de leguminosa disminuye consistentemente el rendimiento del maíz comparado con la siembra del maíz sin leguminosa. Dentro del rango de ambientes evaluados, la reducción del rendimiento del maíz fue independiente del potencial de rendimiento ambiental. La reducción neta del rendimiento de maíz fue de  $0.31 \pm 0.32$ ,  $0.54 \pm 0.48$  y  $0.61 \pm 0.69$  ton/ha, respectivamente para C. ensiformis, V. unguiculata y S. deeringianum.

La independencia del efecto de reducción del rendimiento de maíz por la leguminosa sobre el nivel de rendimiento para una localidad dada, constituye un argumento valioso en soporte de la obtención de información agronómica a través de ensayos regionales bajo condiciones ambientales muy variables.

La respuesta a la aplicación de P fue variable y dependió del año, el sitio y la leguminosa. En 1989, se observó una respuesta a P en los promedios a través de localidades para S. deeringianum (0.41 ton/ha) y en 1990 en C. ensiformis (0.19 ton/ha).

Los datos de cobertura de la leguminosa demuestran que durante los primeros 30 días es posible tener una cobertura significativa a nivel del suelo, lo que contribuye a disminuir la erosión durante este período crítico. La reducción en la erosión de suelo por la cobertura de la leguminosa, el control de las malezas, los aportes de materia orgánica y N, y la mejoría paulatina en la estructura y fertilidad de suelo, convierten a las leguminosas intercaladas en tecnologías con alto potencial para mantener la productividad del recurso suelo en situaciones de ladera y alto potencial erosivo.

#### BIBLIOGRAFIA

AKOBUNDU, I.O. 1980. Live mulch a new approach to weed control in the tropics. Proc. 1980 British Crop Protection Conference-Weeds. p.377-382.

CARROLL, D. A. y W.C. SHARP, 1981. Permanent legume cover in no-till corn. Agron Abs. American Society of Agronomy. Madison, WI, p.214

CHANG, J .F. y R. M. SHIBLES, 1985. An analysis of competition between

intercropped cowpea and maize. II. The effect of fertilization and population density. Field Crops Res 12:145-152.

ENYI, B. A. C., 1973. Effects of intercropping maize or sorghum with cowpeas, pigeon peas or beans. Expl. Agric. 9:83-90.

FRANCIS, C. A., 1989. Biological efficiencies in multiple cropping system. Advances in Agronomy, Vol.41 Madison, WI.

GLIESSMAN, S. R., 1983. Allelopathic interactions in crop-weed mixtures: applications from weed management. J. of Chem. Ecol. 9,8. 991-999.

HOLM, L. R., 1971. Weed Sci. 19, 485-490.

LEACH, G.J., M.C. REES Y D.A. CHARLES-EDWARDS, 1986. Field crops. Res 15:17-37.

MEAD R., J.RILEY, K. DEAR Y S.P. SINGH. 1986. Stability comparisons of intercropping and monocropping system. Biometrics 42:253-266.

MELLO, F., 1978. N fixation by some legumes. Revista de Agricultura, Piracicaba, Brasil, Vol.53, No.1/2.

MOODY. K. 1977, Proc. Symp. crop Syst. Res. Dev. Asian Rice Farmer, I.R.R.I., Los Baños, Philipp. pp281-294.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1984. Tropical Legumes Resources for the future. Washington, D.C. pp292-332.

**SANCHEZ, P. 1976.** Properties and management of soils in the tropics. John Wiley and Son, New York.

**ZEA J.L., W.R.RAUN Y H.J. BARRETO 1990.** Efectos de intercalar leguminosas a diferentes fechas de siembra y dosis de fósforo sobre el rendimiento de maíz (Zea mays L.), Centro América, Panamá y El Caribe. Documento de trabajo, CIMMYT, Guatemala, Guatemala.

CUADRO 1. MEDIAS DE RENDIMIENTO DE GRANO DE MAIZ t/ha, PARAMETROS DE PRECISION EXPERIMENTAL Y CARACTERISTICAS DE SUELO Y CLIMA POR LOCALIDAD. ENSAYOS DE LEGUMINOSAS INTERCALADAS. CENTROAMERICA, 1990.

Localidades	Jutiapa	Zacapa	Cuyuta	La Máquina	San Joo.	Sacacoyo	Ciudad Arce	Opico	Siguatepeque	Nicaragua	Parita	La Honda	Las Tablas	Promedio
Tratamiento	Guatemala			El Salvador			Honduras			Panamá				
Maiz + S.d. -20P	1.99	0.64	1.69	4.98	2.45	3.66	2.81	2.95	4.03	2.95	5.10	5.13	4.72	3.31
Maiz + S.d. -40P	2.15	0.66	1.70	5.02	3.25	3.53	2.62	3.28	2.97	2.92	4.79	5.03	5.20	3.32
Maiz + V.u. -20F	1.76	0.73	1.93	4.54	2.59	2.57	2.26	3.00	3.07	2.64	5.40	5.24	5.00	3.13
Maiz + V.u. -40P	1.96	0.78	1.86	4.54	2.86	2.57	1.89	3.02	3.20	2.81	5.82	5.70	5.30	3.25
Maiz + C.e. -20P	1.57	0.48	1.66	5.20	3.19	3.68	1.77	3.07	4.16	2.98	5.22	5.53	4.52	3.31
Maiz + C.e. -40P	2.62	0.80	2.62	4.96	2.61	3.41	2.58	3.16	4.26	3.33	5.37	5.42	4.35	3.50
Maiz Solo -20P	1.92	1.30	2.38	5.37	3.38	3.25	2.29	3.21	4.04	3.32	5.77	5.64	5.00	3.60
Maiz Solo -40P	2.70	1.69	3.15	5.43	3.04	3.68	2.58	3.03	4.86	3.47	5.96	6.04	5.12	3.90
Maiz Solo -0P	1.17	1.20	2.45	4.37	3.32	3.43	1.66	2.56	4.35	2.97	5.97	5.27	4.24	3.30
Maiz Solo -40P, DS	3.43	1.59	2.60	5.83	2.05	4.11	2.23	2.98	4.93	3.45	5.82	6.06	4.85	3.84
Promedio	2.15	1.00	2.11	4.91	2.90	3.40	2.26	2.98	3.98	3.02	5.57	5.56	4.89	3.44



## CONT. CUADRO 1.

## Parámetros de Precisión Experimental

CME t <sub>a</sub> 2/aa2	0.23	0.10	0.20	0.63	0.73	0.22	0.14	0.13	0.52	0.09	0.20	0.20	0.09	0.
g.l.e.	20	20	10	22	20	20	20	20	20	19	22	21	21	19
Error Estándar Diferencia	0.39	0.26	0.45	0.64	0.70	0.38	0.30	0.30	0.59	0.24	0.37	0.37	0.24	0.

## Características de Clima y Suelo

asna (m)	1100	506	48	52	850	460	625	405	1200	300	50	30	40
pp (mm)	1128	849	1160	1189	444	2033	1303	1357	1228		634	483	815
pendiente sitio (%)	20	12	0	1		40	50	30	16	24	10	5	7
pH suelo	5.2	6.3	5.9	6.2	6.4	6.2	5.3	5.7	5.2	6.4	5.7	6.0	5.6
M.O. (%)	4.5	2.3	4.1	2.7	1.4	2.2	3.1	3.1	1.7	5.3	3.0	2.2	2.8
P (ppm)	2.45	24.7	5.98	2.5	2.5	3.38	5.34	3.25	2.94	5.0	6.88	5.0	5.0
Tipo labranza	cero	cero	cero	conv.	cero	cero	cero	cero	minima	cero	conv.	conv.	conv.

S.d.= *Stizolobium deeringianum*; V.u.= *Vigna unguiculata*; C.e.= *Canavalia ensiformis*; 0-20-40P= dosis de P en kg/ha; asna= altura sobre el nivel del mar; pp= precipitación pluvial; MO= materia orgánica.

CUADRO 2. DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS CON O SIN LEGUMINOSAS (ton/ha GRAND MAIZ), A LA MISMA DOSIS DE FOSFORD. COMBINACION DE DATOS 89-90. CENTROAMERICA, 1990.

Localidad	GLE89SM	GLE89JV	HLE89CD	HLE89MD	NLE89MA	GLE89CU	HLE89PA	ELE89NN	HLE89CE	CLE89FC	GLE90ZA	HLE90SI	ELE90SA	ELE90CA	ELE90OP	GLE90LM	GLE90JU	GLE90CU	GLE90SJ	NLE90PD	PLE90LM	PLE90LT	Proaedio	Dev. Est.
Rend. Proaedio	2.62	2.27	2.45	3.12	3.43	5.42	5.99	4.34	1.79	1.93	1.00	3.98	3.40	2.26	2.98	4.91	2.15	2.11	2.90	3.02	5.56	4.89	3.24	1.34
DIF.:Cana 40P vs 40P	-0.32	-0.65	-0.29	0.31	-0.70	-0.69	-0.16	-1.03	-0.95	-0.77	-0.88	-0.60	-0.27	0.00	0.13	-0.47	-0.09	-0.54	-0.43	-0.15	-0.62	-0.77	-0.45	0.35
DIF.:Cana 20P vs 20P	-0.80	-0.27	-0.18	-0.24	0.11	-0.41	1.67	-0.17	-0.25	-0.21	-0.82	0.12	0.43	-0.52	-0.14	-0.18	-0.35	-0.73	-0.19	-0.34	-0.11	-0.11	-0.17	0.49
DIF.:C 40P vs C20																								
Canavalia	-0.56	-0.46	-0.24	0.03	-0.30	-0.55	0.75	-0.60	-0.60	-0.49	-0.85	-0.24	0.08	-0.26	0.00	-0.32	-0.22	-0.63	-0.31	-0.24	-0.37	-0.44	-0.31	0.32
F.:Vigna 40P vs 40P	0.14	-0.45	-0.27	-0.04	-0.60	-1.59	-0.25	-1.26	-0.66	-1.88	-0.91	-1.66	-1.11	-0.69	-0.01	-0.89	-0.72	-1.30	-0.18	-0.67	-0.34	0.18	-0.69	0.57
F.:Vigna 20P vs 20P	-0.47	0.23	-0.11	0.22	-0.11	0.45	0.16	-0.05	-0.33	-2.16	-0.57	-0.97	-0.68	-0.03	-0.21	-0.84	-0.15	-0.45	-0.79	-0.68	-0.40	0.00	-0.38	0.54
Vigna	-0.16	-0.11	-0.19	0.09	-0.36	-0.57	-0.04	-0.65	-0.50	-2.02	-0.74	-1.31	-0.90	-0.36	-0.11	-0.86	-0.43	-0.87	-0.48	-0.67	-0.37	0.09	-0.54	0.48
IF.:Mucuna 40P vs 40	-0.29	-0.39	-0.24	0.10	-0.44	-2.97	-0.19	-1.38	-1.19	-1.58	-1.03	-1.88	-0.15	0.04	0.25	-0.41	-0.55	-1.45	0.21	-0.55	-1.01	0.08	-0.67	0.78
IF.:Mucuna 20P vs 20	-1.56	-0.34	-0.15	-0.46	0.05	-2.28	0.31	-1.70	-0.62	-2.31	-0.66	-0.01	0.41	0.52	-0.25	-0.50	0.07	-0.69	-0.93	-0.37	-0.51	-0.28	-0.54	0.76
Mucuna	-0.93	-0.37	-0.20	-0.18	-0.20	-2.62	0.06	-1.54	-0.90	-1.94	-0.84	-0.95	0.13	0.28	0.00	-0.45	-0.24	-1.07	-0.36	-0.46	-0.76	-0.10	-0.61	0.69

Referencias:

G= Guatemala  
H= Honduras  
N= Nicaragua  
E= El Salvador  
C= Costa Rica

LE= Ensayo de Leguminosas  
LM, SM, JU, etc.= Localidad especifica de cada país.  
89 - 90= Año de evaluación

Cana = *Canavalia ensiformis*

Vigna = *Vigna unguiculata*

Mucuna= *Stizolobium deeringianum*

20P, 40P=Dosis de fósforo en kg P/ha

CUADRO 3. RENDIMIENTO DE GRANO DE SORGO AL 15% DE HUMEDAD Y COMPARACIONES ENTRE TRATAMIENTOS CON Y SIN LEGUMINOSA EN EL ENSAYO DE LEGUMINOSAS INTERCALADAS. JUTIAPA, GUATEMALA. 1990.

Tratamiento	Rend. (ton/ha)	Comparación	Diferencia (ton/ha)
Maiz + S.d. 20P	1.62	S.d. 20P vs SL 20P	0.00
Maiz + S.d. 40P	1.46	S.d. 40P vs SL 40P	-0.75
Maiz + V.u. 20P	1.63	V.u. 20P vs SL 20P	+0.01
Maiz + V.u. 40P	1.80	V.u. 40P vs SL 40P	-0.41
Maiz + C.e. 20P	1.24	C.e. 20P vs SL 20P	-0.38
Maiz + C.e. 40P	1.56	C.e. 40P vs SL 40	-0.65
Maiz Solo 20P	1.62		
Maiz Solo 40P	2.21		

FIG. 1a REDUCCION DE RENDIMIENTO DE MAIZ POR EFECTO DE MUCUNA A DOSIS DE 20 Y 40 KG P/HA. CENTROAMERICA, 1989-1990.

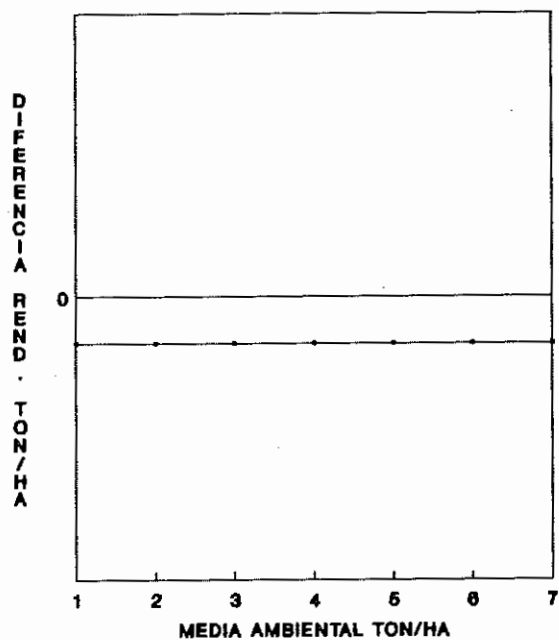
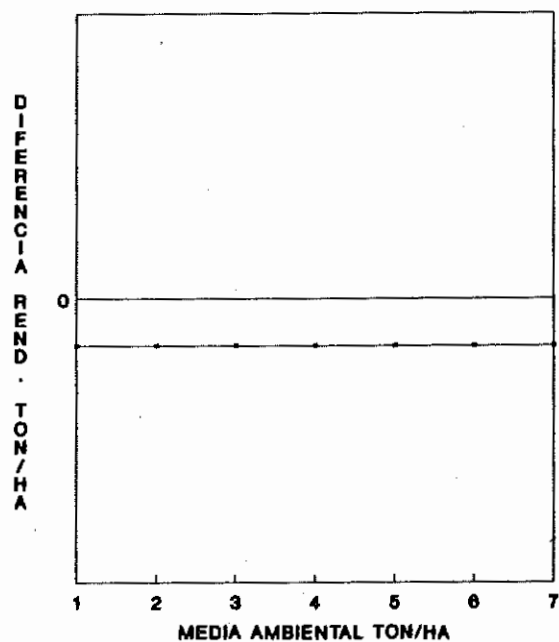


FIG. 1b REDUCCION DE RENDIMIENTO DE MAIZ POR EFECTO DE VIGNA A DOSIS DE 20 Y 40 KG P/HA. CENTROAMERICA, 1989-1990.



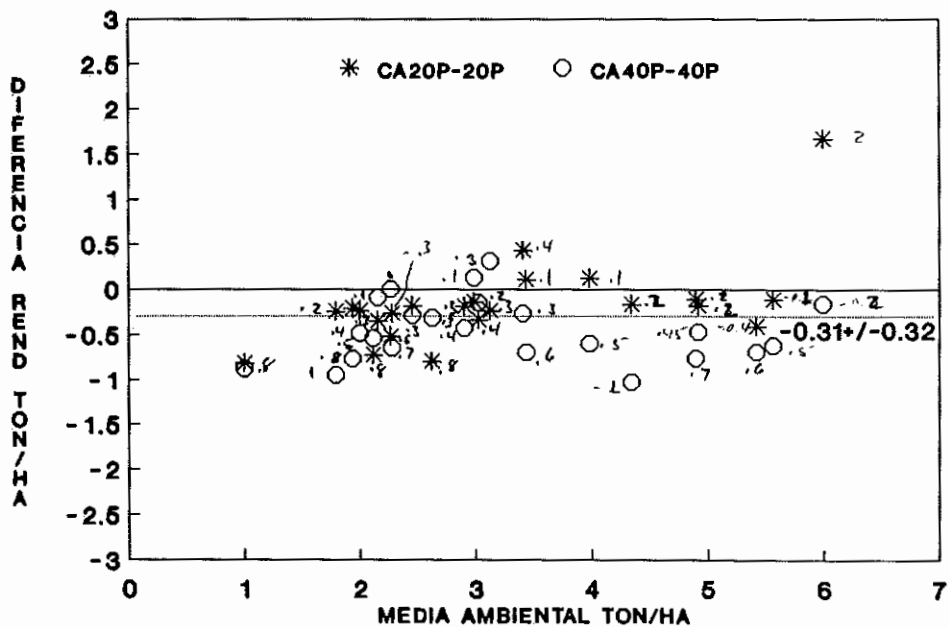


Fig 1a. Reducción de rendimiento de maíz por efecto de canavalla a dosis de 20 y 40 kg P/ha. Centroamérica, 1989-1990.

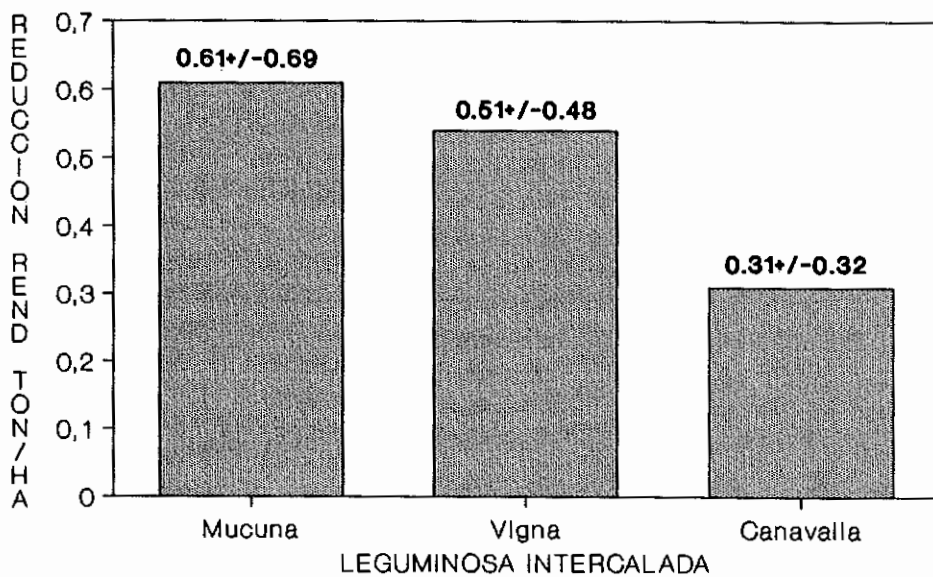
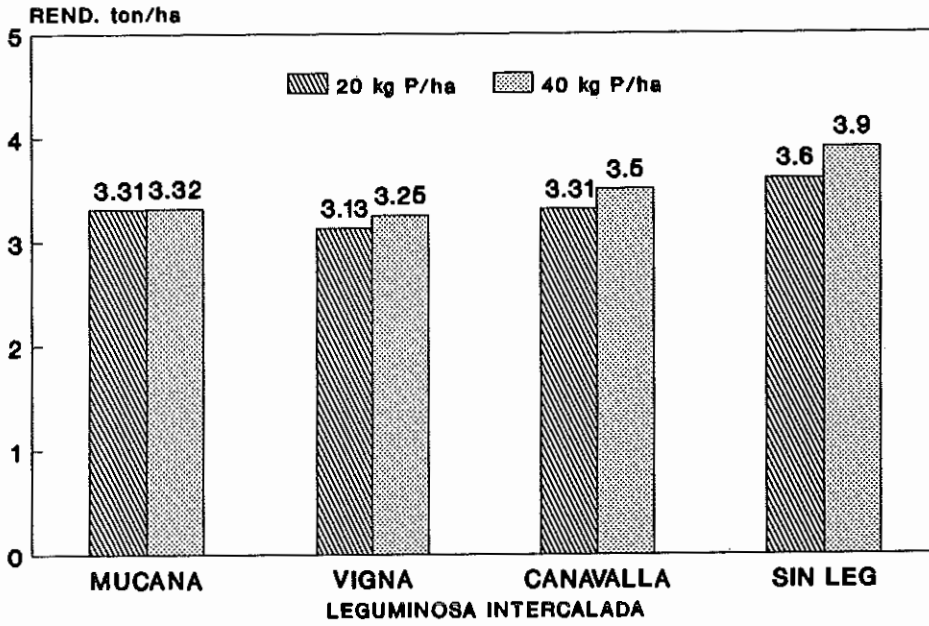
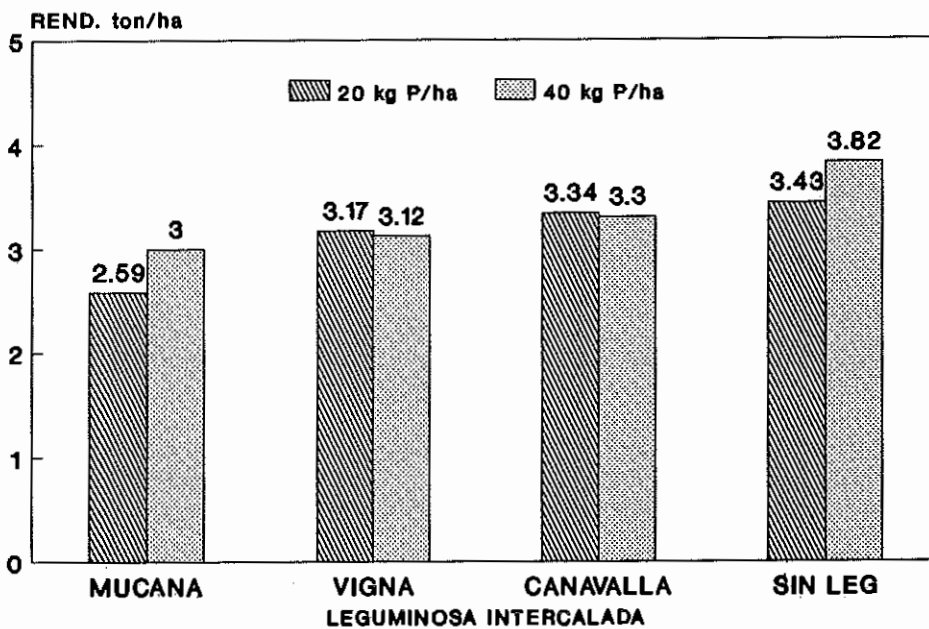


Figura 2. Reducción del rendimiento de grano de maíz al Intercalar una leguminosa. Centroamérica, 1989-1990.

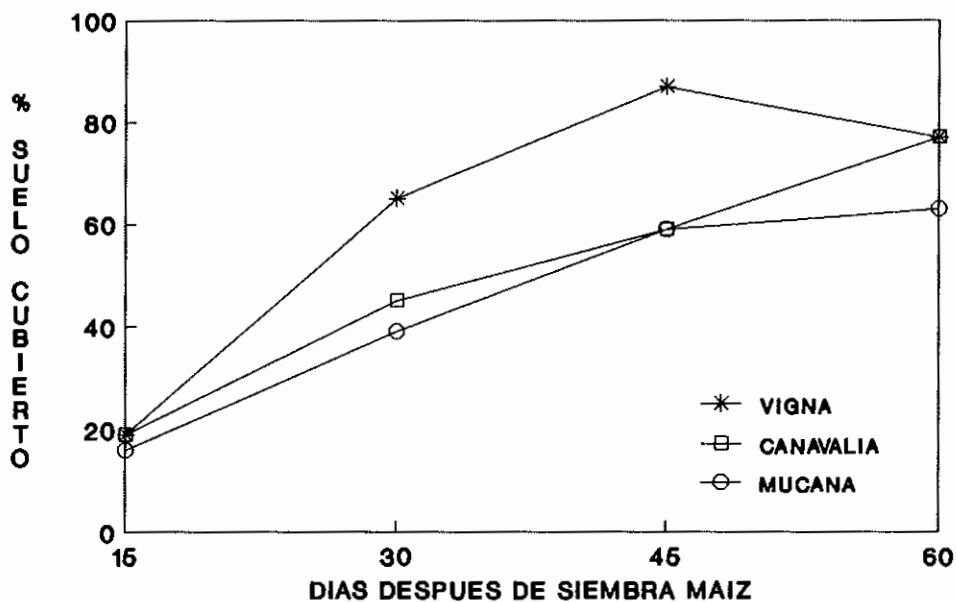
**FIG. 3a. EFECTO DE INTERCALAR LEGUMINOSAS Y DE DOSIS DE P SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAIZ. CENTROAMERICA, 1990.**



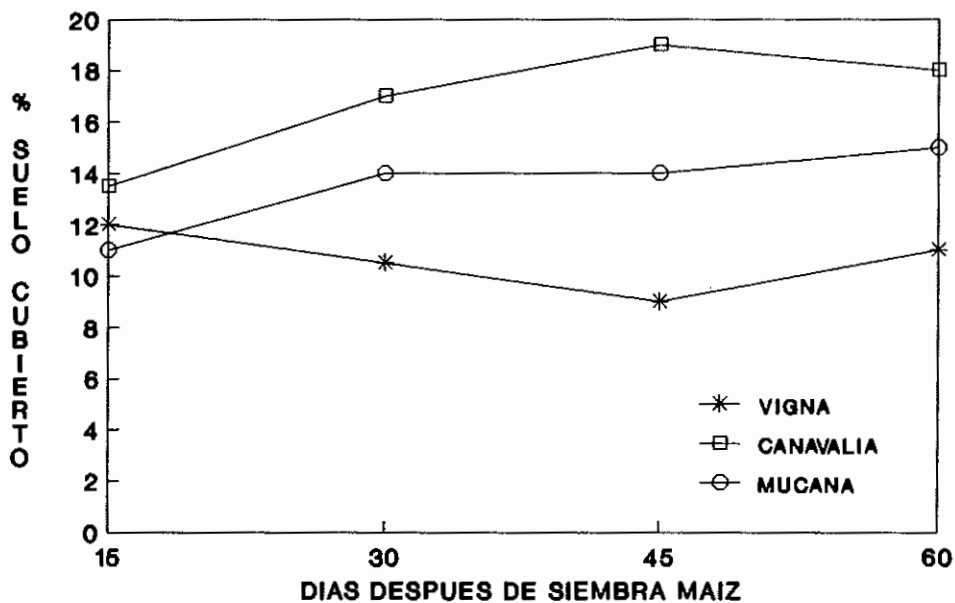
**FIG. 3b. EFECTO DE INTERCALAR LEGUMINOSAS Y DE DOSIS DE P SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAIZ. CENTROAMERICA, 1990.**



**FIG. 4a. COBERTURA DEL AREA ENTRE SURCOS DE MAIZ HECHA POR LAS LEGUMINOSAS A TRAVES DEL TIEMPO. CENTROAMERICA, 1990.**



**FIG. 4b. COBERTURA DEL AREA ENTRE SURCOS DE MAIZ HECHA POR LAS MALEZAS A TRAVES DEL TIEMPO. CENTROAMERICA, 1990.**



**RENDIMIENTO Y ANALISIS ECONOMICO DEL MAIZ Y FRIJOL  
EN RELEVO EN LABRANZA CONVENCIONAL Y CERO EN EL  
TROPICO SECO HONDUREÑO: LOS PRIMEROS CINCO AÑOS**

**A. Pitty <sup>1</sup>; J. Vega <sup>2</sup>; A. Valdivia <sup>3</sup>; L. Quiróz <sup>4</sup>**

**RESUMEN**

La labranza cero está siendo impulsada en Centro América sin que se conozca su comportamiento biológico, agronómico y económico a largo plazo en estos agroecosistemas. Con excepción de información del trópico húmedo en Panamá y Costa Rica, la investigación proviene de otras latitudes caracterizadas por diferentes suelos, climas y tipos de manejo del cultivo. En la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras, desde 1986 se compara la labranza convencional (LCO) con la labranza cero (LCE) en la producción de maíz y frijol en relevo. Se determina el efecto sobre las plagas del maíz y frijol, los cambios en las propiedades químicas del suelo, las

respuestas agronómicas y análisis económico. El efecto de la labranza sobre las plagas se ha reportado en otras ocasiones. Aquí se reportan las respuestas agronómicas y el análisis microeconómico de los primeros cinco años.

En 1986 y 1987, LCO produjo en promedio  $2.04 \pm 0.41$  ton/ha más de maíz que LCE. Sin embargo, en 1988, 1989 y 1990 LCE produjo en promedio  $0.45 \pm 0.17$  ton/ha más que LCO. El frijol en LCO durante los cinco años produjo en promedio  $0.34 \pm 0.19$  ton/ha más comparado con LCE. Estas diferencias posiblemente están relacionadas con el desarrollo de las plantas de maíz y frijol; todos los

- 
- <sup>1</sup> **Publicación DVP-EAP N°318.  
Ph.D. Jefe Sección de Malezas, Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana. Apartado Postal 93, Tegucigalpa, Honduras.**
- <sup>2</sup> **Ing. Agr., Asistente de Investigación y Extensión en la Sección de Malezas, Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana, Apartado Postal 93, Tegucigalpa, Honduras, C.A.**
- <sup>3</sup> **Ing. Agr., Estudiante del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica, C.A.**
- <sup>4</sup> **Agr., Estudiante de la Escuela Agrícola Panamericana, Apartado Postal 93, Tegucigalpa, Honduras.**



años, la labranza con mayor rendimiento también tiene las plantas más desarrolladas. Posiblemente, en maíz el mejor desarrollo se debe al mayor contenido de humedad en el suelo en LCE. Todos los años, el análisis microeconómico del sistema de relevo en LCO ha sido más rentable que en LCE, debido al mayor beneficio obtenido con el frijol, el cual siempre ha producido más en LCO. Este análisis no incluye ninguna consideración de las externalidades, especialmente la erosión del suelo y contaminación ambiental. Se necesita buscar una variación del tipo de labranza o método de manejo del frijol en LCE para aumentar los rendimientos del frijol y hacer el sistema LCE más competitivo.

## INTRODUCCION

La labranza cero (LCE) está siendo impulsada por entidades gubernamentales, investigadores, extensionistas, ecólogos, economistas y otros. El campesino centroamericano está presionado para que adopte el sistema LCE, sin que todavía se conozca a largo plazo su comportamiento biológico, agronómico y económico en nuestros suelos, clima cultivos y tipo de manejo.

El auge que tiene la LCE se debe a las ventajas que tiene sobre la labranza convencional (LCO). Sin embargo, el efecto de la labranza sobre el suelo y los cultivos depende del sitio y si es afectado grandemente por las condiciones climá-

ticas y del suelo, Al-Darby y Lowery (1986). Comparado con LCO, la LCE reduce la erosión del suelo causada por el agua y el viento, retiene mayor cantidad de agua, reduce el gasto de maquinaria y la incidencia de algunas plagas; aumenta el contenido de materia orgánica y mejora la estructura del suelo, Shenk et al. (1983). Sin embargo, también tiene desventajas ya que algunas plagas son más prevalentes y el control de malezas se hace más difícil.

La comparación de los sistemas de LCO y LCE se ha efectuado en condiciones del trópico húmedo (Shenk et al., 1983; Araúz, 1987), subtropicales o de clima frío (Hargrove, 1985; Hallauer y Colvin, 1985). Este estudio a largo plazo compara la LCO y la LCE bajo condiciones del trópico seco hondureño. El objetivo principal es determinar el efecto de la labranza sobre las plagas del maíz y frijol en relevo. En este estudio también se determinan los cambios de las propiedades químicas del suelo, el rendimiento y el análisis microeconómico. Los datos sobre el efecto de la labranza sobre plagas del maíz y frijol fueron reportados anteriormente Vega et al. (1990). Aquí se reportan las respuestas agronómicas y el análisis microeconómico de los primeros cinco años.

## REVISION DE LITERATURA

La mayoría de la información que existe acerca de LCE proviene de climas templados o de zonas húmedas del

trópico centroamericano. En estudios realizados en estas regiones los rendimientos son similares en ambos sistemas de labranza (Lal, 1976; Tirado, 1979; Phillips *et al.* 1980; Araúz, 1987). Sin embargo, hay reportes que en LCE se produce más que en LCO (Burity, 1979; Shenk, 1979; Blevins, 1981; Paniagua, 1982). El rendimiento del frijol parece ser menor en LCE que en LCO. Así lo demuestran estudios realizados en Honduras, Panamá y en los Estados Unidos. Sin embargo, en Nicaragua se reporta que el rendimiento del frijol se triplica en LCE comparado con los rendimientos en LCO, Tapia y Camacho (1989). En Turrialba, Costa Rica, durante la época seca los rendimientos del maíz fueron mayores en LCE que en LCO, sin embargo, durante la época lluviosa los rendimientos fueron similares, Maldonado (1980).

Esto demuestra que la respuesta de los cultivos al sistema de LCE depende de las condiciones propias de cada lugar. Incluso diferentes condiciones climáticas de una misma región nos pueden llevar a encontrar diferentes resultados.

Utilizando LCE hay ahorro de combustible, mano de obra e insumos, Tapia y Camacho (1988). También se ha mencionado que LCE es más conveniente para los pequeños agricultores de escasos recursos económicos, ya que, además de invertir menos dinero, se gana más por cada unidad de dinero invertida,

Fisher *et al.* (1987). Si se valorizaran las pérdidas de suelo incurridas en LCO, se haría más rentable el sistema LCE Vega (1990). En general se cree que la LCE es menos riesgosa y más rentable que LCO.

#### MATERIALES Y METODOS

En 1985, la mitad de un terreno que había estado bajo LCO por lo menos 30 años, pasó a cultivarse bajo el sistema de LCE y la otra mitad se continuó bajo LCO. En 1986, se empezó la comparación del comportamiento de las plagas, cambios en las propiedades químicas del suelo y el análisis microeconómico de estas dos labranzas en el sistema maíz y frijol en relevo.

El terreno está localizado en las terrazas del departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, departamento de Francisco Morazán, Honduras. Este lugar está situado a 800 msnm, temperatura mínima promedio de 18.5°C, máxima de 29.7°C y precipitación promedio de 1089 mm anuales. La época lluviosa va de junio a noviembre y el verano o época seca de diciembre a mayo. El suelo es franco arcilloso, Valdivia (1988).

La LCO ha consistido de una arada y dos pases de rastra antes de la siembra del maíz. En 1989, se subsoló el suelo de LCO y en 1990 por error se hizo un pase de rastra en LCE. En la LCE se siembra directamente

sin arar o rastrear el suelo, después de efectuar una aplicación de herbicida para controlar las malezas emergidas antes de la siembra. El herbicida usado fue Paraquat en 1986, 1988 y 1990; el glifosato se usó en 1987 y 1989. En ambos sistemas de labranza no existe preparación del suelo inmediatamente antes de sembrar el frijol.

El sistema de cultivar maíz-frijol en relevo consiste en sembrar el maíz al inicio de las lluvias (mayo-junio) y el frijol en septiembre. Debido a que la época de crecimiento en el trópico seco no es suficientemente larga, el frijol se siembra antes de cosechar el maíz. En ambas labranzas para sembrar el frijol, se chapean las malezas presentes y el maíz se deshoja y des-punta al llegar a la madurez fisiológica (alrededor de unos 100 días después de la siembra), para permitir el paso de la luz. Después del deshoje se efectúa una quema rápida e inmediatamente se siembra el frijol. La siembra del maíz y frijol se ha efectuado con espeque o chuzo (método tradicional del campesino hondureño); las distancias y semillas por posturas se presentan en el Cuadro 1.

Durante los cinco años de estudio el maíz se ha sembrado entre el primero y el 13 de junio y el frijol entre el 8 y el 28 de septiembre. En 1986 y 1987, se sembraron las variedades de maíz "Sintético Tuxpeño" y

"Hondureño Planta Baja", y en 1988, 1989 y 1990 el híbrido H-27. En 1986, 1987, 1988 1989 y 1990 las variedades de frijol sembradas fueron "Zamorano", "Cuarenteño", "Catrachita" y "Dor 364", respectivamente (Cuadro 1).

Dentro de los dos tratamientos principales (LCO y LCE) han existido otros tratamientos secundarios o subtratamientos que han variado durante el estudio (Cuadro 1). El efecto de la labranza reportado aquí es el promedio de los dos tratamientos principales.

Cada año se ha efectuado un análisis económico, usando un presupuesto parcial para organizar los datos y la información sobre los costos y beneficios de ambos sistemas de labranza. Los costos variables son los costos por hectárea de los insumos, mano de obra y maquinaria que varían debido al sistema de labranza, CIMMYT (1988).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En los dos primeros años después de pasarse el suelo de LCO a LCE, se produjeron  $2.04 \pm 0.41$  ton/ha más de maíz en LCO que en LCE. Sin embargo, durante el tercero, cuarto y quinto año el maíz produjo en promedio  $0.45 \pm 0.17$  ton/ha más en LCE que LCO (Figura 1). En 1986 y 1987, la menor producción de maíz en LCE fue atribuida en parte al menor desarrollo de las plantas debido al anegamiento de agua en algunas parcelas, Fisher *et al.* (1987); Valdi-

via (1988). Durante los últimos tres años del estudio, las parcelas con problema de anegamiento se descartaron ya que ese problema no era consecuencia del método de labranza, sino de la topografía del terreno. Ambas parcelas se habían trabajado en forma similar durante por lo menos 30 años. Posiblemente, la menor producción se debió a que en los dos primeros años la LCE aún no tenía las características propias que le proporcionan ventajas sobre la LCO. Estas ventajas son mayor infiltración y retención de agua aumento en la cantidad de materia orgánica y mejoramiento de la estructura del suelo, Hargrove (1985).

En cada año ha existido correlación entre el tamaño de la planta de maíz y la producción; el sistema de labranza con las plantas más grandes ha producido más maíz (Cuadro 2). El mayor desarrollo de las plantas bajo LCE comparado con LCO se atribuye a cambios que han ocurrido y a diferencias que se han creado en el suelo debido al sistema de labranza. Durante los últimos tres años han habido periodos de sequía en el cual las plantas de maíz se han notado marchitas en LCO, pero no en LCE durante las horas del medio día. Este estrés puede haber causado el menor desarrollo de las plantas en LCO, menos absorción de nutrientes y menor polinización. En algunos estudios se ha encontrado que el maíz bajo LCE tiene mayor rendimiento, plantas más grandes con mejor

estado nutricional y mayor actividad de las raíces comparado con LCO. Un análisis de los elementos ha indicado que en LCE las plantas tienen mayor contenido de N, P, K, Ca, Zn, Mn y Cu (Hargrove, 1985). En suelos bajos LCE se ha encontrado una mayor infiltración de agua, más formación de raíces laterales en los 30 cm superiores del suelo y mayor cantidad de agua en los 15-30cm de suelo (Hargrove, 1985). Estos parámetros contribuyeron a una mayor producción en LCE que en LCO, los cuales también pueden haber influido en nuestros resultados.

Durante los cinco años de estudio la producción de frijol en LCO fue en promedio  $0.34 \pm 0.19$  ton/ha mayor comparado con LCE. Datos similares se han reportado en Minnesota, Robinson (1985) y en Panamá, Araúz (1987), donde la producción promedio de frijol ha sido menor en LCE que en LCO. Nuestras observaciones visuales indican que el suelo bajo LCE es más compacto que el de LCO. Esta mayor compactación ha reducido el desarrollo de las plantas de frijol en LCE comparado con LCO, lo que ha reducido el total de vainas por planta (Cuadro 2).

Se conoce que las raíces de la planta de frijol que crecen bajo presión mecánica como en los suelos compactados, son deformes, menos porosas y consumen más oxígeno (Schumacher y Smucker, 1981). Estos factores contribuyen a una deficiencia

de oxígeno en las raíces, reducción en crecimiento y consecuentemente de la producción. Gantzer y Blake (1978), determinaron que en un suelo franco arcilloso, la LCE redujo la porosidad del suelo, aumentó la densidad aparente y el contenido de agua; estos factores pueden crear condiciones desfavorables para la germinación y establecimiento de las plántulas.

La densidad de siembra es igual en ambos sistemas, sin embargo las poblaciones finales de maíz y frijol han sido menores en LCE que en LCO en la mayoría de los años de estudio (Cuadro 2). Esto indica que existen algunos factores de mortalidad que reducen el número de plantas en LCE. Posiblemente la LCE favorece el establecimiento de algunos insectos y hongos que causan mortalidad en las plantas, reduciendo las poblaciones finales. En un terreno cercano a este estudio, se encontró mayor número de semillas de maíz y frijol dañadas por el gusano de la semilla Hylemya platura (Diptera:Anthomyiidae) en LCE que en LCO, lo que redujo la germinación y consecuentemente la población final (Muñoz y Pitty, datos no publicados). La hembra de esta plaga es atraída por los olores del suelo orgánico recién expuesto, deposita los huevos en el suelo cerca de semillas o de materia orgánica expuesta. La larva taladra la semilla de maíz o frijol que está germinando y también puede alimentarse de los cotiledones y los tallos

King y Saunders (1984). En Nicaragua se han encontrado más hongos en LCE que en LCO, estos patógenos causan daño a las raíces del frijol reduciendo sus poblaciones y la producción (Falguny Gaharay, comunicación personal). Estos factores pueden haber reducido las poblaciones en LCE y consecuentemente la producción.

A pesar que ha habido un comportamiento diferente de algunas plagas en estos dos sistemas (Fisher *et al.* 1987; Valdivia, 1988; Vega, 1990), no atribuimos la diferencia en rendimiento debido a las plagas ya que los ataques no han sido severos. Tampoco atribuimos la diferencia en producción al cambio en el tipo de maíz usado en este estudio (Cuadro 1), ya que Hallauer y Colvin, (1985) no encontraron diferencias en rendimiento comparando 14 híbridos de maíz bajo diferentes tipos de labranza. Ellos concluyeron que el método de labranza no influye en los rendimientos de diferente material genético.

La rentabilidad del sistema de producción de maíz y frijol en relevo está determinada por los rendimientos y los costos variables de ambos cultivos.

Los rendimientos de maíz en los dos primeros años fueron mayores en LCO, pero menores en los últimos tres años. El rendimiento de frijol ha sido mayor en LCO en todos los años del estudio Cuadro 3.

La labranza convencional (LCO) siempre ha resultado económicamente mejor que LCE, inclusive en los últimos tres años en que LCE ha producido más maíz con menores costos variables que LCO (Cuadro 3). Esto se debe a la menor producción de frijol en LCE que en LCO, lo que causa que el sistema de maíz y frijol en relevo sea menos rentable en LCE que en LCO.

Los costos variables de producción muestran mucha variación a través de los cinco años. Los mayores gastos en que incurren ambos sistemas es en la preparación del terreno para la siembra y en el uso de mano de obra. Esto tiene un significativo muy valedero, ya que LCO año tras año incurrirá en un costo relativamente similar al utilizar el arado y la rastra en la preparación del terreno. Sin embargo, LCE tiene alternativa, dependiendo de la comunidad de malezas presente en el campo y de como esta evoluciona, de utilizar un herbicida muy caro como el glifosato, o uno muy barato como el Paraquat.

En el trópico seco hondureño, el maíz producido bajo el sistema de LCE ha aumentado su rendimiento respecto a la LCO. Sin embargo, la producción de frijol es menor en LCE que en LCO. Esto hace necesario buscar alguna otra alternativa dentro del conjunto de sistema de labranza de conservación para que la producción de frijol sea más rentable.

Este análisis económico no toma en cuenta externalidades como el valor del suelo que se pierde en LCO debido a la erosión; si le damos un valor al suelo, probablemente inclinaría la rentabilidad a favor de LCE. Se debe agregar que algunos beneficios de la LCE no se ven en pocos años de estudios, Shenk *et al.* (1987) y es posible que posteriormente estos tengan un impacto significativo en la rentabilidad de este sistema.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el sistema de producción maíz y frijol en relevo, la producción de maíz bajo LCE ha resultado mayor que en LCO. Sin embargo, la producción de frijol es mayor en LCO. La mayor producción de maíz se debe al mayor desarrollo de las plantas en LCE que en LCO, posiblemente debido a mayor retención y disponibilidad de agua en el suelo durante épocas secas. La menor producción de frijol en LCE comparado con LCO se debe al menor desarrollo de las plantas en LCE, esto posiblemente se debe al mayor compactamiento del suelo en LCE lo que reduce el crecimiento del frijol.

Económicamente, con el sistema de maíz y frijol en relevo, la LCO ha resultado mejor que LCE. Esto se debe a la mayor producción de frijol en LCO que en LCE. Si se va a producir maíz en monocultivo, la LCE es una mejor alternativa que la LCO; pero si el sistema es maíz y

frijol en relevo, no hay ventajas económicas para LCE si se toman en cuenta externalidades como la mayor pérdida del suelo en LCO.

En el trópico seco hondureño se recomienda la adaptación de la LCE para producir maíz en monocultivo. Si el sistema de producción es maíz y frijol en relevo se recomienda buscar otras alternativas de manejos del frijol bajo LCE, para aumentar su producción y hacer el sistema del maíz y frijol en relevo más rentable. Una alternativa es aumentar la población de frijol para compensar por las plantas más pequeñas y la disminución en población que se observa en LCE comparado con LCO. El aumento en población puede hacerse reduciendo la distancia entre surco o entre las posturas en el surco y aumentando el número de semillas colocadas por postura.

#### BIBLIOGRAFIA

AL-DARBY, A.M. Y B. LOWERY. 1986. Evaluation of corn growth and productivity with three conservation tillage systems.

ARAUZ, J.R. 1987. La labranza de conservación o cero labranza; su mecanización, ventajas y desventajas. Chiriquí, 1987. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, 12 p.

BLEVINS, R.L. Y G.W. THOMAS. 1981. Soil adaptability for no-tillage, pp 7-22. En: R.E. Phillips; G.W. Thomas y R.L.

Blevins (eds). No-tillage research reports and review. Lexington, University of Kentucky, College of Agriculture and Agricultural Experiment Station.

BURITY, H. 1979. Evaluación agroeconómica del efecto del manejo de la vegetación previo a la siembra para los sistemas yuca (Manihot sculenta Crantz) y yuca asociada con frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Mag. Sc. Turrialbla, Costa Rica URC/CATIE. 141 p.

CIMMYT. 1988. From agronomic data to farmer recommendation: An economics training manual. Completely revised edition. México, D.F. 79 p.

FISHER, R.; O. PANIAGUA; A. RUEDA e I. NAVARRETE. 1987. Efecto biológico y económico de dos tipos de labranza del suelo y dos manejos de malezas en el sistema maíz-frijol. Publicación MIPH\_EAP N° 119. 8p.

GANTZER C.J. y G.R. BLAKE. 1978. Physical characteristic of le suer clay ioam soil following no-till and conventional tillage. Agronomy Journal 70:853-857.

HALLAUER, A.R. y T.S. COLVIN 1985. Corn hybrids response to four methods of tillage. Agronomy Journal 77:547-550.

HARGROVE, W.L. 1985. Influence of tillage on nutrient uptake and yield of corn. Agronomy Journal 77:763-768.



**KING, A.B.S. y J.L. SAUNDERS. 1984.** Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. London Overseas Development Administration. 182 p.

**LAL, R. 1976.** No-tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. Soil Science Society of America Journal 40:762-768.

**MALDONADO, M.A. 1980.** Evaluación agroeconómica y energética de la capacidad de sustitución de diferentes métodos de laboreo a distintos niveles de fertilización nitrogenada en sistemas de maíz y frijol. Tesis Mag. Sc. Costa Rica. UCR/CATIE. 112 p.

**PHILLIPS, R.E.; R.L. BLEVINS; G.W. THOMAS; W.W. FRYEY y S.W. PHILLIPS. 1980.** No-tillage agriculture. Science 208: (4448): 1108-1113.

**ROBINSON, G.H. 1985.** Tillage for sunflower control and for annual canarygrass and fieldbean production. Agronomy Journal 77:612-616.

**SCHUMACHER, T.E. y A.J.M. SMUCKER. 1981.** Mechanical impedance effects on oxygen uptake and porosity of fry bean roots. Agronomy Journal 79:51-55.

**SHENK, M. REPORTE ANUAL 1979.** Proyecto Combate de Malezas. Oregon State University. Turrialba, Costa Rica, CATIE/USAID, 25p.

**SHENK, M.; J. SAUNDERS y G. ESCOBAR. 1983.** Labranza mínima y no labranza en sistemas de producción de maíz (*Zea mays*) para áreas tropicales húmedas de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Departamento de Producción Vegetal. Turrialba, Costa Rica. 45p.

**TAPIA, H. y A. CAMACHO. 1988.** Manejo integrado de la producción de frijol basado en labranza cero. Managua, Nicaragua. 181p.

**TIRADO SANCHEZ, H. 1979.** Evaluación agronómica de dos sistemas de cultivos establecidos con cero labranza en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 156p.

**VALDIVIA, A.R. 1988.** Evaluación de dos tipos de labranza y dos manejos de rastrojo en el sistema maíz y frijol en relevo. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 52p.

**VEGA, J.E. 1990.** Efecto de la labranza sobre las plantas, la efectividad de herbicidas preemergentes y fertilización de nitrógeno en el sistema maíz y frijol en relevo. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 79p.

**VEGA, J.E.; A. PITTY y A. VALDIVIA. 1990.** Efecto de la labranza sobre las plagas del maíz y frijol en relevo. Publicación DPV-EAP # 269.



CUADRO 1. DIFERENTES PARAMETROS QUE HAN VARIADO EN AMBOS SISTEMAS DE LABRANZA EN EL SISTEMA DE MAIZ Y FRIJOL EN RELEVO, HONDURAS.

Parámetro	1987	1987	1988	1989	1990
Variedad de maíz	Sintético Tuxpeño	Hondureño Planta Baja	híbrido H-27	híbrido H-27	híbrido H-27
Variedad de frijol	Zamorano	Cuarenteño	Catrachita	Catrachita	Dor 364
Siembra de maíz	9-13 junio	6-8 junio	1-2 junio	5-6 junio	7 junio
Siembra de frijol	13-20 sep.	16-18 sep.	8 sep.	23 sep.	28 sep.
Distancia de siembra maíz (cm)	90 x 50	90 x 45	90 x 45	90 x 45	90 x 45
Semillas/posturas	-	3	3	3	3
Distancia de siembra frijol (cm)	30 x 25	45 x 25	45 x 30	45 x 30	45 x 30
Semillas/posturas	-	3	3-4	3-4	3-4
Tipo de fertilizante aplicado al sembrar	12-24-12 115 kg/ha	12-24-12 45 kg/ha en LCO. 18-46-0 en LCE.	18-46-0 115 kg/ha	18-46-0 115 kg/ha	
Fertilización 30 DDSM (kg/ha)	Urea 46% N 150 kg/ha	Urea 46% N 60 kg/ha	Urea 46% N 22.5 kg/ha 32 kg/ha	Urea 46% N 160 kg/ha	
Fertilización 60 DDSM	-	- 13 kg/ha	Urea 46% N 22.5 kg/ha	-	-
Subtratamiento	Control de maleza con herbicidas y con azadón.	Ambas labran con y sin rastrosos.	Aplicaciones divididas de fertilizantes.	Uso de los herbicidas Prowl y Dual.	Control de maleza con cobertura y con herbicidas.

CUADRO 2. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DEL MAIZ Y FRIJOL EN RELEVO BAJO LA LABRANZA CONVENCIONAL Y CERO, HONDURAS.

Variable	1986		1987		1988		1989		1990	
	LC0	LCE	LC0	LCE	LC0	LCE	LC0	LCE	LC0	LCE
Altura del maíz a la cosecha (m)	---	---	2.02	1.79	1.72	1.85	1.70	1.85	1.30	1.50
Peso por 100 Granos (g)	---	---	31.0	32.0	19.0	20.0	24.0	26.0	24.0	25.3
Población de maíz a la cosecha	69,925	60,300	53,938	56,594	42,278	40,278	41,834	38,834	34,444	30,868
Vainas por plantas de frijol	---	---	4.7	4.1	10.0	6.0	9.0	5.2	15.0	12.5
Peso por 100 Granos (g)	---	---	0.18	0.19	0.26	0.28	0.30	0.29	0.22	0.22
Granos por vaina	---	---	4.7	4.7	4.8	4.3	4.9	4.8		
Población de frijol a la cosecha	218,075	190,000	202,371	219,371	143,834	125,450	111,028	132,278	143,889	94,222

LC0: Labranza Convencional

LCE: Labranza Cero

Datos adaptados de Fisher et al. 1987; Valdivia, 1988; Vega, 1990 y Quiroz, (datos no publicados)

CUADRO 3. PRESUPUESTO PARCIAL POR HECTAREA DE LA LABRANZA CONVENCIONAL Y CERO EN LA PRODUCCION DE MAIZ Y FRIJOL EN RELEVO, HONDURAS.

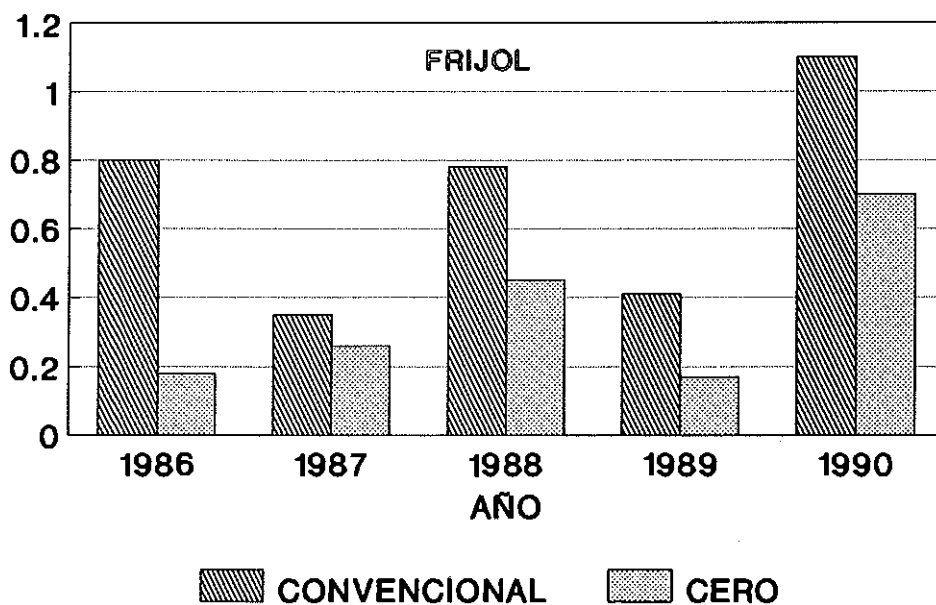
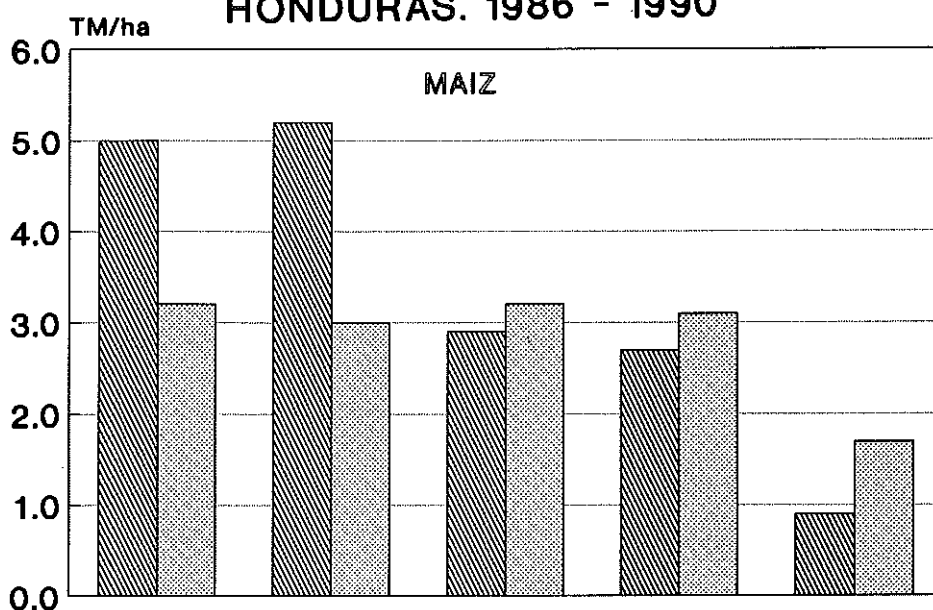
Actividad	1986		1987		1988		1989		1990	
	LC0	LCE	LC0	LCE	LC0	LCE	LC0	LCE	LC0	LCE
Rendimiento de maíz TM/ha	5.00	3.25	5.36	3.03	2.90	3.20	2.70	3.10	0.96	1.60
Ingreso de maíz	848	560	1251	706	338	373	299	343	158	263
Rendimiento de frijol TM/ha	0.800	0.185	0.338	0.223	0.780	0.470	0.415	0.150	1.11	0.700
Ingreso de frijol	323	68	147	97	775	466	414	150	577	364
Ingreso Total	1171	628	139	803	507	475	616	458	735	627
Preparación del Suelo	115	0	50	0	33	0	106	0	33	12
Herbicidas	52	72	50	161	0	20	0	60	0	7
Insecticidas	35	12	50	33	0	0	0	0	0	0
Molusquicida	20	21	46	68	2	0	0	0	4	7
Mano de obra	121	34	146	178	0	31	0	23	0	0
Costos variables	343	139	342	440	35	51	106	83	37	26
Ingreso marginal	828	489	1056	363	472	424	510	375	698	601
Relación B/C	2.41	3.52	3.09	0.83	13.49	8.31	4.81	4.52	18.86	23.12

LC0: Labranza Convencional

LCE: Labranza Cero

Datos adaptados de Fisher et al. 1987; Valdivia, 1988; Vega, 1990 y Quiroz, (datos no publicados)

**FIGURA 1. PRODUCCION DE MAIZ Y FRIJOL EN RELEVO  
BAJO LA LABRANZA CONVENCIONAL Y CERO  
HONDURAS. 1986 - 1990**



**EVALUACION DEL EFECTO DEL RASTROJO BAJO LABRANZA CERO, EN EL RENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS MAIZ-SORGO Y MAIZ-FRIJOL. EL SALVADOR 1990.**

**V. M. Mendoza, H. Sosa, A. G. Alvarado <sup>1</sup>; H. Barreto <sup>2</sup>**

**INTRODUCCION**

El Salvador, tiene la mayor parte de sus suelos, con problemas de erosión, ya que son pocos los agricultores que realizan obras de conservación de suelos, además de que estos son sometidos a una actividad agrícola intensiva, debido a su pequeño territorio (21,000 km<sup>2</sup>), teniendo como resultado el empobrecimiento de elementos del recurso suelo, por lo tanto, es imprescindible la aplicación de alternativas tecnológicas para mejorar o mantener los rendimientos por unidad de área.

Informaciones de la FAO y el Banco Mundial indicaban en 1979 que en El Salvador un 75% de la superficie estaba considerada como zona de ladera (1,575,000 ha) y que un 30% de la población nacional vivía en esas áreas, representando un 50% de la población agrícola. Además, mencionaba el acelerado crecimiento de la población (superior a 5 millones de habitantes) y los principales procesos de cambio que actualmente experimenta el

país. Cambios estos que por su naturaleza, intensifican la presión sobre las zonas de laderas. Se tiene conocimiento que los habitantes de esas áreas en su mayoría son pobres y practican la agricultura de subsistencia; no obstante, son muy pocos los proyectos existentes tendientes a ofrecer mejoras y sostener su medio de producción.

En estas áreas existen varios sistemas de cultivos, destacándose por su importancia el maíz-sorgo en asocio y maíz-frijol en relevo; con estos sistemas se ha desarrollado un uso más intensivo de las tierras en las laderas y mayor ocupación de la mano de obra.

Entre las prácticas más comunes y nocivas dentro de estos sistemas se pueden mencionar: la quema de rastrojos de maíz, sorgo y frijol y el control de malezas con herramientas inadecuadas (azadón o con paso de bueyes); prácticas que han provocado pérdidas

---

<sup>1</sup> Técnico de Investigación en Fincas Depto. Economía y Validación y Técnico Depto. de Suelos, CENTA.

<sup>2</sup> Agrónomo del Programa Regional de Agronomía. CIMMYT, Guatemala.

por erosión hídrica de hasta 170 a 200 ton/ha por año, Sosa, Violic, Rocher, Stilewll (1978). Lo anterior ha motivado al departamento de Economía y Validación, a través de la sección de Investigación en Fincas del CENTA, a evaluar alternativas tecnológicas apropiadas a condiciones de laderas y al tipo de agricultores de escasos recursos que la habitaban, como es la práctica de labranza de conservación mediante una cobertura de rastrojos, pero para que esta práctica se implemente con éxito es necesario que sea respaldada por políticas de gobierno que permitan a los agricultores tener acceso a la utilización de los insumos requeridos para estos sistemas de cultivos.

Los objetivos del presente estudio fueron: proveer evidencias preliminares sobre el efecto del rastrojo de maíz-sorgo y frijol, en el rendimiento de maíz bajo condiciones de labranza cero; continuar en el área de Metalío-Guaymango y Opico-Quetzaltepeque; evaluando al mismo tiempo dos niveles de nitrógeno: 105 y 150 kg/ha.

#### REVISION DE LITERATURA

Basado en los ingredientes, suelo, humedad y luz solar, la naturaleza cubre la tierra de vegetación sin necesidad de labranza alguna.

Antes de la invención del arado, la preparación del suelo se limitaba a moverlo con algún implemento manual

(piedra o madera) y arrancar a mano las malezas que crecían junto a las plantas de interés económico.

El maíz, especie originaria de América que se domesticó hace unos 5,000 años, no existe en estado silvestre y sólo puede subsistir con la ayuda del hombre. Hasta antes del descubrimiento de América, los nativos lo producían bajo condiciones de labranza cero, depositando las semillas en un agujero hecho en la tierra con un palo aguzado. A veces los antiguos agricultores quemaban la vegetación existente antes de sembrar el maíz, Violic (1988a).

Este sistema, forma primitiva de labranza cero, no puede ser considerado como labranza de conservación, puesto que quemaban el rastrojo, dejando el suelo desprotegido y expuesto a la erosión.

En muchas regiones de México, Centro América y en partes de América del Sur, los campesinos tradicionales siguen usando el azadón y/o machete como única forma de preparar el suelo para la siembra. Simplemente cortan la vegetación al ras del suelo, la dejan hilerada para sembrar maíz en los espacios libres o bien, la dejan desparramada, sembrando con espeque (palo aguzado de madera) a través de la capa de mantillo. El espeque sigue siendo utilizado hasta hoy por la mayoría de los pequeños agricultores de muchos países de América

Latina, Violic (1988a).

Este sistema de siembra tan primitivo, se transforma fácilmente en un sistema moderno de conservación de suelos cuando se implementa con mantillo formado por los residuos vegetales del ciclo anterior con o sin herbicidas, fertilizantes e insecticidas, según el caso.

Algunas de las razones que se han dado para justificar la preparación del suelo con implementos manuales o mecánicos son: control de malezas, manejo e incorporación de residuos vegetales, aireación del suelo, preparación de la cama de semillas, control de enfermedades y/o insectos, mejoramiento de las condiciones físicas del suelo, reducir la erosión, incorporación de fertilizantes, eliminación del pie del arado, mejoramiento de desarrollo radicular para hacerlo más normal, Violic (1988a).

Los residuos vegetales, mejor que incorporarlos, son útiles en forma de mantillo para prevenir la erosión, bajar la temperatura del suelo en áreas tropicales, evitar pérdidas excesivas de agua por evaporación, mantener el suelo húmedo cerca de la superficie y prevenir la formación de costra en la superficie, que impide la infiltración del agua y el crecimiento normal del coleoptilo. Este mantillo disipa la energía cinética de las gotas de lluvia que, de otra manera,

al impactar el suelo desnudo, producirían un desprendimiento de las partículas del suelo y dispersión de sus agregados y, por ende, encostamiento. La aireación del suelo, salvo en los casos donde hay exceso de humedad, no constituye un problema en suelos no labrados.

La labranza cero con bases científicas, como alternativa de labranza convencional, nació en la década de 1940 con el descubrimiento del 2, 4-D y otros herbicidas hormonales, que permitieron a los agricultores controlar malezas de hoja ancha sin recurrir a cultivadoras o al azadón. A estos compuestos se sumaron otros herbicidas como las atrazinas, de efecto residual, las que en las décadas de los años 1950-1960, revolucionaron la producción de maíz. Pocos años después, la síntesis de herbicidas desecantes como el Paraquat, ampliaron la base química de la agricultura de labranza reducida y labranza de conservación, Violic (1988b).

El suelo se puede considerar como un sistema biológico formado por diversos componentes arreglados y distribuidos en forma específica que le otorgan su estructura característica.

Según Violic y otros (1988), la labranza se puede definir como la manipulación química, física o biológica de los suelos para optimizar la germinación y emergencia de la semilla y el establecimiento de la plántula.

VIOLIC y otros (1988), la labranza de conservación es sinónimo de retención óptima o máxima de residuos en la superficie del suelo y la utilización de herbicidas en lugares en que no se efectúa o no se puede efectuar labranza.

La Universidad de Illinois, en su circular de 1979, define a la labranza de conservación como un sistema que consiste en la pasada de arado de cincel o incluso no-labranza, que deja un mantillo protector en la superficie del terreno, Violic (1988b).

Violic (1988a), define a la labranza de conservación como aquellos sistemas en los cuales se deja un residuo vegetal en la superficie, o se deja un suelo terronado para protegerlo de la acción del viento y agua.

El uso o no uso del arado de vertedera define la principal diferencia entre labranza convencional y labranza de conservación. Sin embargo, la principal diferencia entre ambos sistemas la da el Centro de Información de la Labranza de Conservación de los EEUU, al recomendar que para calificar como sistema de labranza de conservación, el sistema de labranza debe permitir que después de la siembra, no menos del 30% de la superficie del suelo debe quedar cubierta con residuos vegetales que constituyen el mantillo.

A veces se tiende a confundir la labranza de conservación con la labranza reducida. Esta última, tal como su nombre lo indica, significa simplemente que un agricultor que normalmente hace 10 a 12 pasadas con implementos por el campo durante todo el ciclo del cultivo, las reduzca a 8 o menos. Si su implemento principal sigue siendo el arado de vertedera o si no se deja suficiente mantillo en la superficie del suelo, su sistema de labranza seguirá siendo convencional, Violic (1988a).

También, a menudo, se emplea la denominación de labranza mínima como sinónimo de labranza de conservación. La labranza mínima se refiere solamente a reducir al mínimo la cantidad de labranza para permitir una buena germinación de la semilla y establecimiento de la planta.

Según Villeda y otros (1980), el sistema de cero labranza se basa en sembrar el cultivo sin remover el suelo, antes y después de la siembra, dejando los residuos vegetales de rastrojos y malezas en la superficie del suelo, lo que forma una capa aislante llamada "MULCH".

Para Sosa y otros (1978), el sistema de cero labranza en maíz consiste en la siembra del cultivo sin efectuar labores previas de preparación del suelo. Se procede a sembrar el grano en el suelo cubierto de residuos vegetales del cultivo anterior y de malezas.



Posteriormente, durante el desarrollo del cultivo, el suelo permanece intacto sin ser removido.

En Costa Rica, Valdivia y otros (1987), observaron que la labranza cero mostró un efecto sobre las infestaciones de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), siendo éstas mayores en labranza convencional en los años 1987 y 1988.

Pascua (1988), realizó un estudio para observar el comportamiento del maíz bajo dos sistemas de labranza (con y sin labranza) utilizando tres diferentes niveles de fertilización, llegando a obtener resultados favorables para el sistema de labranza cero (sin labranza), observándose un mejor aprovechamiento de los fertilizantes y por ende obteniéndose mayores rendimientos del cultivo.

Otros estudios llegaron a la conclusión de que al utilizar el sistema de cero labranza, hay un aumento de los rendimientos de los cultivos, mejor aprovechamiento de los suelos y sus nutrientes, menor pérdida de suelo, mejor control de malezas, mayor aprovechamiento del agua, Violic (1988b).

Mendoza y Sosa (1990), dicen que hasta el año de 1970 en el área de Metalíco-Guaymango, en El Salvador, las pérdidas agrícolas alrededor de la producción de Maíz y Sorgo, se mantuvieron inalterables durante mucho tiempo, fundamentadas en un

sistema de desmonte y quema, que permitía trabajar una parcela por unos años y trasladarse posteriormente a otra parcela cuando disminuía la fertilidad de la anterior. Bajo este sistema, la práctica de la quema aparentemente no resultaba nociva, debido al descanso de las parcelas y el crecimiento de árboles forestales permitía un equilibrio en el medio. Sin embargo, el aumento poblacional y la necesidad de obtener más alimentos, llevó posteriormente a ejercer una mayor presión sobre el recurso suelo, disminuyendo así en forma drástica los periodos de descanso y recuperación de los mismos, a esto se le agregaba la práctica de sembrar en favor de la pendiente, quema de rastrojos y la utilización de tracción animal, traduciéndose en una fuerte erosión de los suelos.

El el año 1970, el CENTA inauguró la Agencia de Extensión Agrícola de Guaymango, donde la situación era crítica, los rendimientos de maíz fluctuaban entre 0.78 1.6 ton/ha y los de sorgo 0.6 a 0.8 ton/ha; el deterioro de los suelos era enorme, la tala de bosques era descontrolada al igual que las quemas de rastrojos e incendios de grandes áreas. Ante tal problemática, se establecieron como alternativas para solucionar el problema: capacitación en prácticas culturales, trazo de curvas a nivel, uso de barreras vivas y muertas y conservación de los rastrojos de la cosecha anterior.

Esta última alternativa fue la que obtuvo mayor aceptación, por ser la más práctica, fácil de realizar y más económica.

De 1974 a 1978 se desarrolló un proyecto específico sobre la práctica de conservación de rastrojos; posteriormente se difundió masivamente hacia otras áreas, hasta 1983.

En el área de Opico-Quetzaltepeque, la mayoría de los agricultores cultivan en terrenos de laderas con pendientes desde 15% a 60%. Tienen como práctica común, coleccionar los rastrojos y colocarlos en forma agrupada en montones y carrileado de los mismos, para quemarlos con la intención de dejar completamente limpio el terreno y según ellos para controlar las plagas del suelo; además creen que dejando los rastrojos se incrementan las plagas del suelo, por ejemplo la babosa (Vaginulus plebeius), causante de severos daños en el cultivo del frijol; con la quema de los rastrojos, facilitan la siembra. Sin embargo, dejan desprotegidos estos suelos. Con esta práctica los suelos de laderas se han ido agotando por efecto de una fuerte erosión provocada por el impacto directo de la lluvia sobre ellos y el consecuente arrastre de muchas partículas de los mismos hacia los ríos (pérdidas de suelo de 250 a 300 ton/ha por año), mayor presencia de malezas y cada vez menos producción, Sosa (1987).

Zafarroni y otros (1979), dice que la mayoría del fósforo permaneció en la superficie del suelo (primeros 2.5 cm) al igual que el potasio en el sistema no laboreo, los resultados coinciden con los de Phillips y Young quienes encontraron en la parte superficial de las parcelas con no laboreo, valores de fósforo disponible 5 veces mayores que en las parcelas aradas; entre los 12 a 14 cm de profundidad el fósforo fue mayor en el arado que en el no laboreo, pero los valores totales favorecieron al no arado.

La acidez extractable, fue mayor en los tratamientos de laboreo mínimo a profundidades entre 15 a 25 cm. En otros experimentos se encontró más fósforo y un poco más de nitrógeno en los primeros 20 cm de profundidad en el no laboreo que en laboreo convencional. Entre los 20 y 40 cm de profundidad se hallaron más calcio y magnesio y menos potasio en el cero laboreo en relación al arado.

Entre las características que incrementan la aptitud para labranza cero, se citan: la susceptibilidad a la erosión, la baja capacidad de retención de agua y las condiciones climáticas que permiten temperaturas sub o supra óptimas de las requeridas por el cultivo durante las etapas iniciales de desarrollo. La acidez y la capacidad efectiva de intercambio catiónico se mencionan como importantes para la selección del sistema de labranza.

Eckert y otros citados por BARRETO (1988), indicaron que la respuesta positiva en el rendimiento del maíz dependía de la fuente de N utilizada. Esto ocurría únicamente cuando el residuo del cultivo anterior era maíz ya que cuando este era soya, todas las fuentes de N se comportaban igual y no existían diferencias en el rendimiento. Estos resultados resaltan el papel que la relación C/N juega en la mineralización de los residuos vegetales y la disponibilidad del N bajo labranza cero.

No existe una controversia mayor en lo relativo a la fertilidad del suelo bajo labranza cero que aquella que concierne a la eficiencia de los fertilizantes. Reportes en la literatura con respecto a los rendimientos del maíz fertilizado, bajo labranza cero, son muy variados y en ciertos casos contradictorios. Investigaciones realizadas reportaron mayores rendimientos bajo labranza cero comparados con los de la labranza convencional a diferentes niveles de fertilización con nitrógeno. Otras investigaciones indicaron mayores rendimientos de materia seca bajo labranza cero comparado con lo de labranza convencional.

Los cambios en las relaciones de mineralización e inmovilización de N como resultado de la acumulación diferencial de materia orgánica bajo labranza cero, en general indican que el potencial de inmovilización

del N es mayor bajo labranza cero.

En investigaciones realizadas se indica que más del doble del N proviene del fertilizante que se inmoviliza bajo labranza cero comparado con el de labranza convencional.

Phillips y otros, citados por Barreto (1988), informaron que las aplicaciones superficiales de P al suelo bajo labranza cero eran más eficientes que la localización en bandas o la incorporación con suelo bajo labranza convencional. Estos mismos autores indicaron que no existían diferencias con respecto al K. Otras investigaciones reportaron que el mantillo, al ofrecer mayor humedad en la zona superficial, promovía un crecimiento adecuado de las raíces del maíz que hacía que el P fuese más disponible en virtud de su posición y reportaron que el P y K eran igual o más disponibles para la planta bajo labranza cero que cuando eran incorporados al suelo bajo labranza convencional.

Entre los factores causantes de la acidez en el suelo se citan la descomposición de la materia orgánica, la lixiviación de bases intercambiables y la fertilización nitrogenada con fuentes amoniacales. Este último factor se ha reportado como el más importante en la acidificación de suelos bajo labranza cero.

Las condiciones de aplicación superficial de los fertilizantes nitrogenados en labranza cero causan un descenso en el pH que se manifiesta más notoriamente en los primeros centímetros del perfil del suelo. Este incremento en la acidez en la parte superficial bajo labranza cero, generalmente coincide con bajos niveles de calcio intercambiable. Investigaciones indicaron que aunque la labranza afectó la localización de la acidez, la magnitud y profundización de ésta dependía de las dosis de fertilización nitrogenada.

El encalamiento para neutralizar la acidificación de la superficie de suelos bajo labranza cero, es uno de los aspectos menos estudiados en suelos húmedos tropicales. El cultivo bajo labranza cero en suelos ácidos tropicales con altos niveles de Al intercambiable, plantea numerosas interrogantes y es un área de investigación que requiere de estudios más completos antes de poder determinar su aptitud para este sistema de cultivo.

Aunque las evidencias son aún escasas, las tendencias señalan que la flora y la fauna benéficas se incrementan en los sistemas de labranza de conservación, en contraste a lo observado en los de labranza tradicional. Quizás esto explique en parte porque las densidades de población de algunos insectos nocivos llegan a ser similares en ambos sistemas de labranza. También, la disponibilidad de abundante

materia orgánica, recurso alimenticio para algunos insectos como el gusano saltarín, los elimina de la categoría de plagas. La incidencia de enfermedades foliares ha sido baja y similar en ambos sistemas de labranza. Aunque a veces las evidencias son contradictorias como en el caso del maíz, también en trigo ciertos hongos prosperan mejor en labranza tradicional y otros en labranza de conservación. Son los patógenos radicales los que aparentemente son más abundantes en labranza de conservación, Violic (1988a).

Malezas, insectos y enfermedades son 3 factores que pueden ocasionar una pérdida total de la producción del maíz y de otros cultivos. En la mayor parte de los casos, las pérdidas por malezas sobrepasan a aquellas ocasionadas por la combinación de insectos y enfermedades. Sin embargo, a veces, las malezas pueden aportar algún beneficio, como es el de ayudar a controlar la erosión por viento y agua, principalmente en suelos con pendiente. Las malezas bien manejadas en sistemas de labranza de conservación, pueden alcanzar gran importancia como fuente de mantillo (MULCH).

#### MATERIALES Y METODOS

Las localidades seleccionadas para el presente trabajo, se seleccionaron utilizando los criterios y características mencionadas anteriormente, las cuales son

representativas las áreas de Opico-Quezaltepeque y Metalio-Guaymango, existiendo de éstas antecedentes de investigaciones anteriores realizadas por el CENTA.

### **Opico-Quezaltepeque**

Se seleccionó la localidad de Lomas de Santiago, que pertenece al Municipio de San Juan Opico, la cual presenta características muy similares a Quezaltepeque considerándose como un solo dominio de recomendación.

Las altitudes oscilan desde 300 a 1000 msnm, la posición geográfica es de 13° 52' 40" latitud Norte; 89° 21' 37" LWG.

El área total es de 34,400 has correspondiendo un área aproximada de 5,000 ha para el sistema maíz-frijol.

La configuración de la superficie es variable, encontrándose terrenos fuertemente disecionados de cerros y montañas; lomas redondeadas en terrenos de zonas intermedia de planicies, terrazas de ríos y abanicos aluviales disecionados. Las pendientes en las zonas fuertemente disecionadas varían entre 30 y 80 %, en las planicies por lo general son menores al 10%.

Los suelos están comprendidos entre los grandes grupos: Regosol. Regosol aluvial, Latosol Arcilloso Rojizo y Litosoles. Además, se menciona que en la región existe un área con lava petrificada.

En la zona hay 6 meses con lluvias y los otros meses son secos. Por lo general, el promedio de precipitación es de 1000 a 2000 mm anuales. La temperatura oscila entre 21-27°C y con promedio anual de 23.8°C, la humedad relativa varía entre 68 y 85%. La radiación solar anual es de 8 diarias observándose mayores a 9 horas/días, en los meses de diciembre, enero y febrero.

### **Metalio-Guaymango**

La otra área seleccionada fue Metalio-Guaymango, esta ubicada dentro de los departamentos de Ahuachapán y Sonsonate, su posición geográfica es de 13° 45' 0" LN y 89° 50' 0" LWG, la temperatura promedio es de 24°C y la precipitación pluvial promedio es de 1835 mm por año.

Se estima que la extensión del área es aproximadamente 4,200 ha con altitudes de 0 a 1,400 msnm. El 90% de los suelos tienen pendientes entre 30 a 80% con texturas franco a franco arcillosos y pH de 5.3 a 5.6; deficientes en fósforo y con alta disponibilidad de potasio. El agricultor no acostumbra a quemar el rastrojo, utiliza herbicidas quemantes, semillas de maíz híbrido, fertilizantes en dosis recomendados y la práctica de labraza de conservación del suelo con uso de rastrojos es generalizada.

El sistema de cultivo predominante es maíz en asocio con sorgo, que ocupa

un 75% del total de las tierras cultivadas. Estudios realizados durante 1983 sobre este sistema, permitieron conocer el manejo hecho por los agricultores, factores limitantes de su producción y oportunidades de investigación, para tratar de incrementar la productividad del sistema.

Se instalaron cuatro experimentos en el sistema maíz-sorgo y 2 en maíz-frijol, haciendo un total de 6. Dadas las condiciones preliminares de esta investigación se utilizó un diseño sistemático en el cual la aplicación de los tratamientos no fue aleatoria, sino secuencial dentro del bloque. La utilización de un diseño sistemático se considera apropiada para el nivel exploratorio de esta investigación, ya que facilita la utilización de múltiples niveles de la variable cuantitativa (niveles de residuos sobre la superficie) dentro de un área relativamente pequeña de terreno.

El análisis correcto para determinar las características de la respuesta funcional, del rendimiento a cantidades variables de residuo es a través de regresión para cada localidad y nivel de nitrógeno.

Se pretende obtener niveles de residuo sobre la superficie del suelo que varíen entre 0 y 50 ton/ha en incrementos de 5 ton/ha en relación a la parcela adyacente. Los tratamientos para un nivel de nitrógeno están

todos contenidos en una faja de 26 surcos a lo ancho de la parcela incluyendo 2 surcos bordes a cada lado (perpendiculares a la pendiente). Los tratamientos de residuo se aplican sobre la superficie del suelo (limpia de rastrojo mediante rastrillo previo) en cantidades medidas desde 0 hasta 50 ton/ha incrementando en 5 ton/ha de residuo cada dos surcos. La cantidad de rastrojo se distribuye lo más uniformemente posible sobre la superficie del terreno.

Se utilizaron dos niveles de nitrógeno: 105 kg/ha que es el del agricultor vs nivel potencialmente no limitante que es de 150 kg/ha, utilizando fórmula 16-20-0, sulfato de amonio; además se aplicarán 57 kg/ha de  $P_2O_5$  y 86 kg/ha de azufre.

El área total por tratamiento de nitrógeno será de 133.1 m<sup>2</sup> para el sistema maíz-frijol y de 149.7 m<sup>2</sup> para el caso maíz-sorgo.

Todos los experimentos fueron instalados bajo labranza cero, por lo que se aplicó 2 lt/Mz de Gramoxone (i.a. 0.36 lt/Mz de Paraquat) aplicado a la siembra o en preemergencia contra malezas de hoja ancha (dicotiledóneas) y zacates (monocotiledóneas), en mezcla con 1.4 kg/Mz de Gesaprim 80 WP (1.12 kg de i.a.). Esta mezcla al aplicarla se diluye en una relación de 280 litros de agua/Mz (aproximadamente 18 bombas de 4 galones por manzana), agregar a la mezcla dispersante Disapen en base a 250 cc/Mz.

Se utilizaron 30 lb /Mz de Furadan 5% G (1.5 lb de i.a.Mz) aplicado a la par del hoyo de siembra de las posturas para controlar insectos del suelo y chicharritas, principalmente el vector del achaparramiento del maíz (Dalbulus maidis). Para el control de gusano cogollero se usaron 15 lb/Mz de Volatón 2.5% G (0.38 lb/Mz de i.a.). Para control de plagas del follaje y del suelo se aplicó Volatón líquido (1.0 lt/Mz).

Los datos que se tomaron fueron: número de plantas, mazorcas cosechadas por surco, parcela experimental, peso de campo (kg/parcela) y humedad de grano.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Al analizar los rendimientos de maíz (ton/ha) en el área de Metalío-Guaymango (Cuadro 1), a través del cálculo de parámetros estadísticos que consistió en realizar correlaciones para rendimiento de grano versus niveles de rastrojo (Cuadro 3), se encontró que: existe una correlación negativa entre rendimiento de grano y niveles de rastrojo, en ambas dosis de nitrógeno evaluado (105 y 150 kg/ha), con coeficientes (r) de -0.540 y -0.521, significativas a 0.08 y 0.10, respectivamente. Estadísticamente, esto indica que al aumentar los niveles de rastrojo hay un efecto negativo en el rendimiento de grano, causando por ende un decremento en la producción de maíz.

La Figura 1, demuestra que cuando utilizamos dosis de 105 kg/ha de N el nivel de rastrojo que mejor respondió era 15 toneladas (5.03) seguido por el nivel de 25 (4.88). Notándose una disminución en el rendimiento del grano a medida se incrementan los niveles de rastrojo; cuando analizamos de la misma manera el nivel 150 kg/ha de N, se demuestra que los niveles de 10 y 20 toneladas de rastrojo eran los que respondían (5.88 y 5.56, respectivamente); en el resto de niveles no se observaron diferencias agronómicas de interés, sin embargo, hay una tendencia a disminución de rendimiento de grano de maíz, según se aumentan los niveles de rastrojo.

En relación a las dosis de nitrógeno (kg/ha) utilizados se notó que 150 respondió mejor, superando a 105 en 0.64 ton/ha de grano, (Figura 5).

Para medir el efecto residual de los niveles de rastrojo, se estableció sorgo en asocio tardío de la variedad Corona sobrepuesto en los mismos tratamientos de maíz y utilizando el mismo plano de campo. Se realizaron correlaciones entre rendimiento de grano de sorgo versus niveles de rastrojo (ton/ha), encontrándose que no existen correlaciones significativas, a través de ambas dosis de nitrógeno evaluadas en el cultivo anterior, con coeficiente de correlación (r) de +0.398 y -0.250.



Al realizar el análisis agronómico de los rendimientos de sorgo (ton/ha), a través de la Figura 4, se demuestra que hay una tendencia similar a la observada en maíz, o sea una disminución de rendimiento a medida que se incrementan los niveles de rastrojo, en ambas dosis de nitrógeno evaluadas. Pero los mejores rendimientos de grano en la dosis de 105 kg/ha de N, se encuentran al utilizar 20 toneladas de rastrojo (5.75) seguido por el nivel de 25 (5.11); en relación a 150 kg/ha la mejor respuesta se nota en 30 toneladas de rastrojo (5.44) seguido por el de 15 toneladas (4.80).

Al comparar el efecto residual de las dosis de N evaluadas (105 y 150 kg/ha de N), Cuadro 3 se encontró que la diferencia es mínima, (0.29 T/ha) a favor de la dosis más alta.

Al efectuar cálculo de parámetros estadísticos (Cuadro 3), del rendimiento de grano (ton/ha) como sistemas Maíz-Sorgo, se observó que no existe correlación significativa entre rendimiento de grano y niveles de rastrojo en la dosis de 105 kg/ha de N con coeficiente de correlación (r) de -0.382. No obstante, para la dosis de 150, se encuentra una correlación negativa, con coeficiente (r) de -0.494, significativa a 0.12, lo cual confirma las tendencias, que al aumentar los niveles de rastrojo hay un decremento de grano del sistema.

Cuando analizamos los rendimientos de grano (ton/ha) del área de Opico (Cuadro 1), a través del cálculo de parámetros estadísticos (correlación de rendimiento de grano y niveles de rastrojo ton/ha), (Cuadro 4), se observó que existe una correlación negativa entre rendimiento de grano y niveles de rastrojo en la dosis de 105 kg/ha de N con un coeficiente (r) de -0.459, significativa a 0.15; ésto indica estadísticamente que a medida que aumentan los niveles de rastrojo hay una tendencia a disminuir los rendimientos de grano; aunque en la dosis de 150 kg/ha de N la correlación es no significativa (r=0.231).

Un análisis agronómico de los rendimientos de maíz (ton/ha), demuestra que cuando se utiliza la dosis de 105 kg/ha de N, no se observan diferencias de rendimientos de interés agronómico, entre los niveles de rastrojo evaluados, resultando el testigo con el mejor rendimiento, 4.75 ton/ha (Cuadro 1, Figura 2).

En relación a la dosis de 150 kg/ha de N se observa que los mejores rendimientos de grano se obtienen con 35 toneladas de rastrojo (4.77) seguido por los niveles de 50, 25, 30 y 15 (4.64; 4.62, 4.61 y 4.54).

Es importante indicar que en ambos casos, se observa la tendencia de que a medida que aumentan los niveles de rastrojo hay una disminución de rendimiento de



grano de maíz.

En lo referente a las dosis de nitrógeno en kg/ha, utilizados (Figura 5), se observa que 150, responde mejor que 105, existiendo una diferencia de 0.19 ton/ha.

Para medir el efecto residual de los niveles de rastrojo, se estableció frijol relevo, variedad Rojo de Seda, sobrepuesto en los mismos tratamientos de maíz y utilizando el mismo plano de campo, al correlacionar rendimiento de grano de frijol con niveles de rastrojo (ton/ha) (Cuadro 4), mostrando que no existe correlación significativa en la dosis de 105 kg/ha de N, con un coeficiente de -0.047; en lo referente al nivel de 150 kg/ha de N, existe una correlación positiva, entre rendimiento de grano y niveles de rastrojo, con un coeficiente (r) de +0.730, altamente significativa 0.01 el cual indica que al aumentar los niveles de rastrojo hay un incremento en el rendimiento de grano en frijol.

Al efectuar un análisis agronómico de los rendimientos de frijol/ha se determinó que cuando utilizamos la dosis de 105 kg/ha de N, el nivel de rastrojo que mejor respondía era 25 toneladas (1.36) seguido por el nivel 20 (1.11), Cuadro 2 y Figura 3.

En relación a la dosis de 150 kg/ha de N, se observó que el mejor nivel es 35 toneladas de rastrojo (1.49) seguido por 50 y 20 (1.46 y

1.11 respectivamente).

Es importante mencionar que, en ambas dosis evaluadas se nota una tendencia a disminuir los rendimientos de grano, al existir un aumento en las cantidades de rastrojo.

Al correlacionar el rendimiento de grano (ton/ha) como sistema maíz-frijol (Cuadro 4), encuentra que no existió correlación significativa entre rendimiento de grano y niveles de rastrojo en la dosis de 105 kg/ha de N, con un coeficiente de -0.396. Sin embargo, para la dosis de 150 se encontró una correlación positiva con un coeficiente (r) de +0.435, significativa a 0.18. Estadísticamente significa que a más cantidades de rastrojo, hay incrementos de grano del sistema.

#### CONCLUSIONES

En los sistemas maíz-sorgo y maíz-frijol a medida que se incrementan los niveles de rastrojo, existió una tendencia a disminuir los rendimientos.

En relación a los niveles de nitrógeno en kg/ha, el nivel 150 respondió mejor que 105.

Para Metalío-Guaymango en maíz-sorgo los mejores rendimientos fueron para los niveles de rastrojo en ton/ha: entre 15 y 30 para el nivel 150 kg/ha de N; en Opico, en maíz entre 15 y 35 y en frijol entre 20 y 35 con 150 kg/ha de N.

## BIBLIOGRAFIA

**BARRETO, H.J. 1988.**

Cambios en propiedades químicas, patrones de fertilización y enclavamiento en suelos bajo labranza cero. El Batán, México. 34-58 p.

**MENDOZA, V.SOSA H. 1990.** Experiencias con labranza de conservación en laderas, sistemas maíz-frijol y maíz-sorgo. Area Metalio-Guaymango y Opico-Quetzaltepeque El Salvador, San José, Costa Rica 18 p.

**PASCUA, R. 1988.** Comportamiento del maíz (*Zea mays*) criollo con y sin labranza y tres niveles de fertilización sobre restos de frijol de abono (*Mucuna* sp) Tegucigalpa, Honduras. 745-750 p.

**SOSA, R.F. VIOLIC, A. KOCHER, F. STILEWLL, T. 1978.** Cero labranza en el cultivo de Maíz. El Batán, México 13 p.

**SOSA, J.H. 1987.** Estudio de algunos factores de producción en el sistema maíz-frijol, bajo dos prácticas de labranza en Opico-Quetzaltepeque. En XXXIII, Reunión Anual del PCCMCA, Guatemala, Guatemala. 15 p.

**VALDIVIA, A.R. y otros. 1987.** Evaluación de dos tipos de labranza en el sistema maíz-frijol en relevo. San José Costa Rica. 15 p.

**VIOLIC, A. A. 1988.** Breve historia de la labranza de Conservación. El Batán, México. 1-4 p.

\_\_\_\_\_. 1988. Labranza Convencional y Labranza de Conservación: Definición de conceptos. El Batán, México. 15 p.

**VIOLIC, A.A. y otros. 1988.** Control de malezas en maíz, experiencias del CIMMYT en labranza de conservación en el Trópico bajo de Veracruz, México. El Batán, México. 97-107 p.

**VILLEDA, W.L. y otros. 1980.** Avances de la Cero Labranza en el cultivo de maíz en Centro América y El Caribe, Guatemala, Guatemala. PCCMCA. 17 p.

**ZAFFARONI, E. y otros. 1979.** Implicaciones del laboreo cero sobre algunas características químicas y físicas del suelo. Tegucigalpa, Honduras. 20 p.

CUADRO 1. EFECTO DE NIVELES DE RASTROJO Y NITROGENO EN EL RENDIMIENTO DE MAIZ (T/ha), METALIO-GUAYMANGO Y OPICO, EL SALVADOR. 1990

TRATAMIENTOS Niveles de Rastrojo (t/ha)	METALIO_GUAYMANGO		OPICO	
	N I V E L E S D E N (kg/ha)			
	105	150	105	150
0	4.11	4.71	4.75	3.98
5	4.27	4.82	4.39	4.16
10	4.34	5.88	3.77	3.47
15	5.03	4.86	4.26	4.54
20	4.35	5.56	4.26	4.43
25	4.88	4.64	4.41	4.62
30	4.43	4.96	3.92	4.61
35	3.94	4.41	4.16	4.77
40	3.37	4.36	3.92	4.21
45	3.96	4.48	3.84	3.49
50	3.59	4.64	4.31	4.64

CUADRO 2. EFECTO RESIDUAL DE NIVELES DE RASTROJO Y NITROGENO EN EL RENDIMIENTO DE SORGO Y FRIJOL RELEVO (T/ha), METALIO-GUAYMANGO Y OPICO, EL SALVADOR. 1990

TRATAMIENTOS Niveles de Rastrojo (t/ha)	METALIO_GUAYMANGO		OPICO	
	Sorgo		Frijol	
	N I V E L E S D E N (kg/ha)			
	105	150	105	150
0	4.69	4.57	0.95	1.11
5	3.59	4.01	1.05	0.92
10	4.84	3.86	0.92	0.88
15	4.54	4.80	1.05	0.98
20	5.75	4.72	1.11	1.11
25	5.11	4.19	1.36	1.07
30	4.53	5.44	1.02	1.14
35	4.95	4.20	1.05	1.49
40	4.65	4.01	1.01	1.11
45	3.52	4.31	0.92	1.23
50	4.50	3.44	0.98	1.46

CUADRO 3. COEFICIENTES DE CORRELACION DE RENDIMIENTO DE MAIZ vs NIVELES DE RASTROJO (T/ha) METALIO-GUAYMANGO. 1990.

Cultivo	Parámetros	Metalio - Guaymango			
		N-105	P	N-150	P
Maíz	Coefficiente Correlación	-0.540	0.08 *	-0.521	0.10 *
	— (r)				
	X rend. T/ha	4.21		4.94	
	dif. rend. T/ha			+0.73	
Sorgo	— (r)	+0.398	ns	-0.250	ns
	X rend. T/ha	4.61		4.32	
	dif. rend. T/ha	+0.29			
Maíz + Sorgo	— (r)	-0.382	ns	-0.494	0.12 *
	X rend. T/ha	8.81		9.26	
	dif. rend. T/ha			+0.45	

CUADRO 4. COEFICIENTES DE CORRELACION DE RENDIMIENTO DE MAIZ vs NIVELES DE RASTROJO (T/ha) OPICO. EL SALVADOR, 1990.

Cultivo	Parámetros	Metalio - Guaymango			
		N-105	P	N-150	P
Maíz	Coefficiente Correlación	-0.459	0.15 *	0.231	ns
	— (r)				
	X rend. T/ha	4.27		4.18	
	dif. rend. T/ha			-0.09	
Frijol	— (r)	-0.047	ns	-0.730	0.01 **
	X rend. T/ha	1.04		1.14	
	dif. rend. T/ha			+0.10	
Maíz + Frijol	— (r)	-0.396	ns	0.435	0.18 *
	X rend. T/ha	5.22		5.40	
	dif. rend. T/ha			+0.18	

LABRANZA DE CONSERVACION

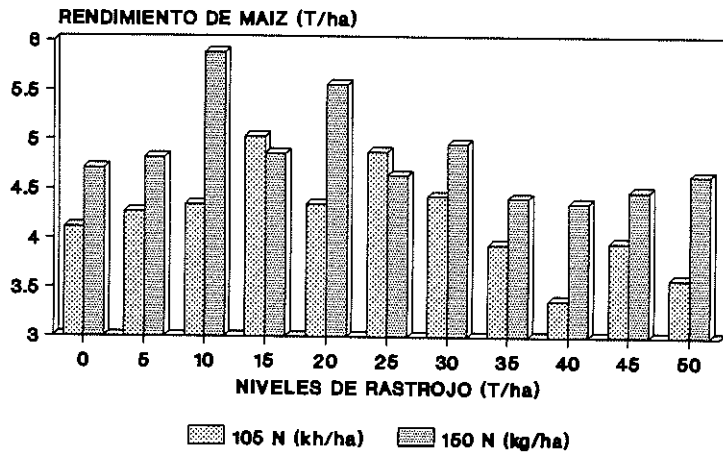


FIG. 1. EFECTO DE RASTROJO (MAIZ-SORGO) EN EL RENDIMIENTO DE MAIZ. METALIO-GUAYMANGO. EL SALVADOR, 1990.

LABRANZA DE CONSERVACION

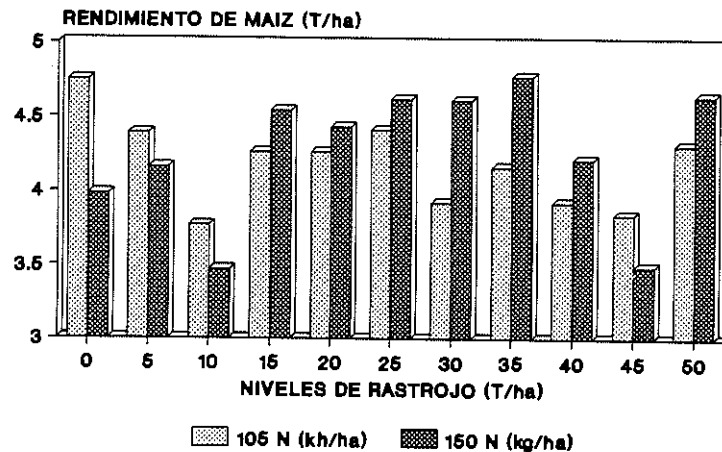


FIG. 2. EFECTO DE RASTROJO (MAIZ-FRIJOL) EN EL RENDIMIENTO DE MAIZ. OPICO. EL SALVADOR, 1990.

LABRANZA DE CONSERVACION

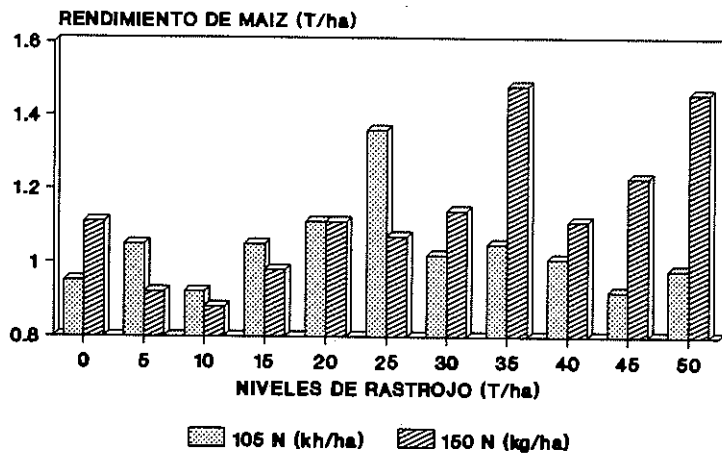


FIG. 3. EFECTO DE RASTROJO (MAIZ-FRIJOL) EN EL RENDIMIENTO DEL FRIJOL RELEVÉ. OPICO. EL SALVADOR, 1990.

LABRANZA DE CONSERVACION

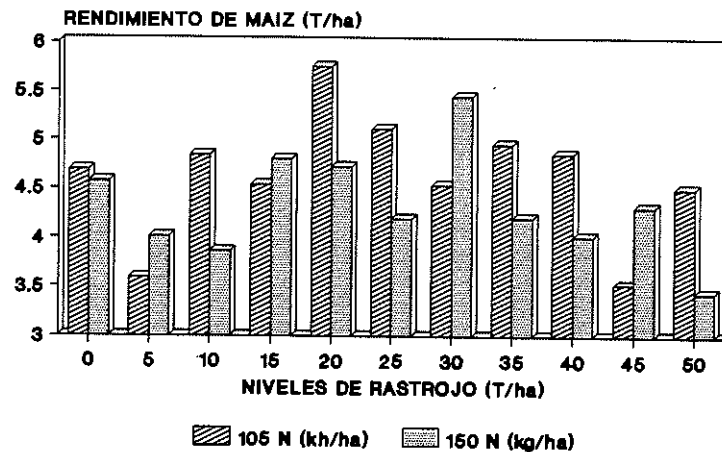


FIG. 4. EFECTO DE RASTROJO (MAIZ-SORGO) EN EL RENDIMIENTO DE SORGO ASOCIO TARDÍO. METALIO-GUAYMANGO. EL SALVADOR, 1990.

# LABRANZA DE CONSERVACION

RENDIMIENTO DE MAIZ (T/ha)

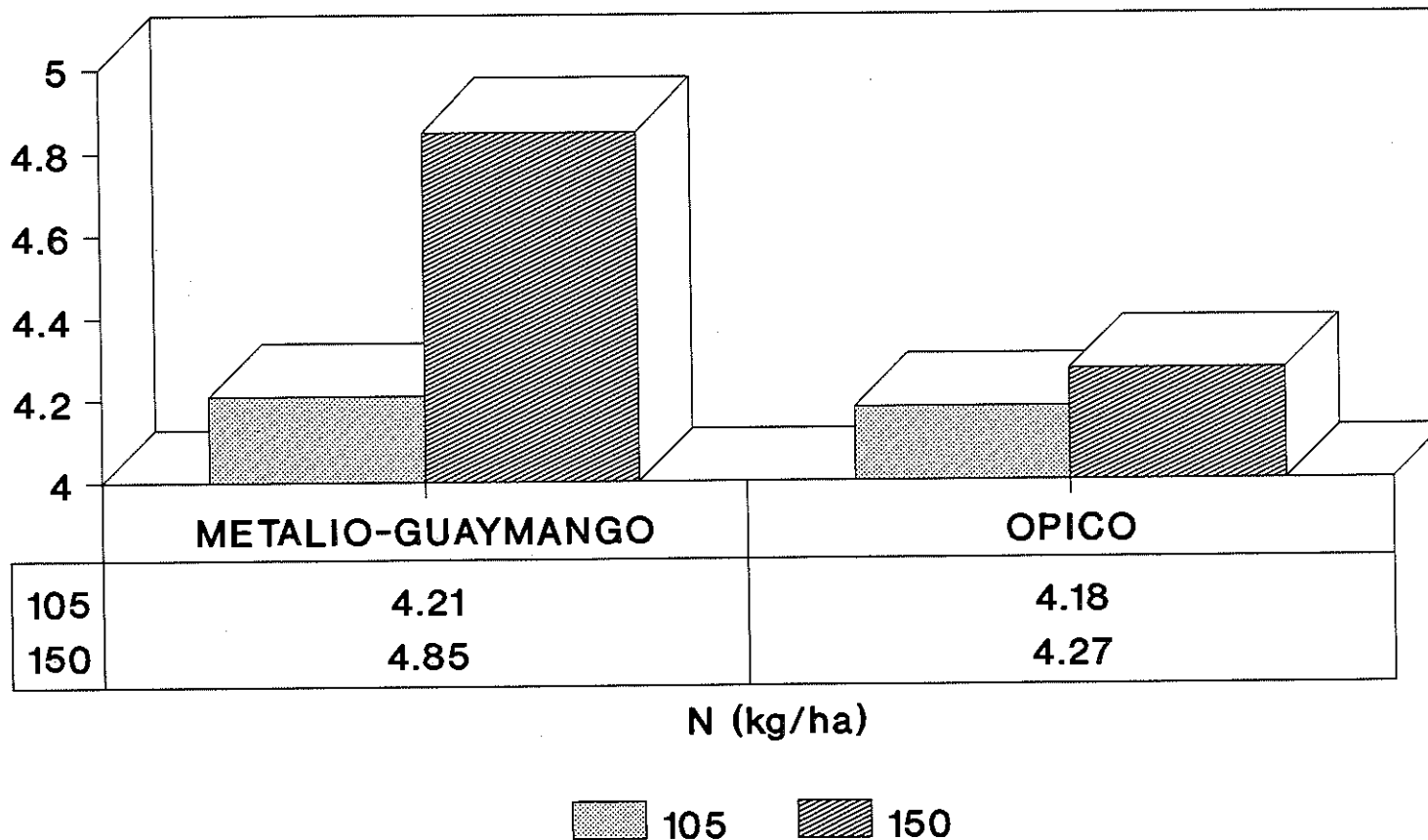


FIG.5. DIFERENCIA DE RENDIMIENTO DE MAIZ (T/ha) A LA APLICACION DE 2 NIVELES DE NITROGENO.METALIO-GUAYMANGO Y OPICO 1990

## EVALUACION DE CUATRO DENSIDADES DE PLANTAS EN DOS HIBRIDOS DE MAIZ, PANAMA 1990

R. Gordón M. <sup>1</sup>; J. Franco y A. González <sup>2</sup>; N. De Gracia <sup>3</sup>

### RESUMEN

Se realizó un experimento en la Finca Experimental de la Honda, en la Región de Azuero, cuyo objetivo fue el de evaluar cuatro densidades de plantas de dos híbridos comerciales de maíz. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela principal consistió de los híbridos y las sub-parcelas las densidades. La parcela experimental fue de cuatro surcos de cinco metros de largo. Los híbridos evaluados fueron el X-3214 y X-3098. Las densidades evaluadas fueron de 50,000 (80 x 25 cm), 53,300 (75 x 25 cm), 57,000 (70 x 25 cm) y 62,500 plantas/ha (80 x 20 cm).

Los resultados de este experimento nos indicaron que hubo diferencias significativas entre los híbridos en las variables de rendimiento, porcentaje de acame y altura de planta. Siendo mayores en todas estas variables el híbrido X-3214. En relación a las densidades se observa una diferencia al 11% de pro-

babilidad para la variable rendimientos. Los promedios obtenidos fueron de 5.45 ton/ha (50,000), 5.38 ton/ha (57,000), 5.25 ton/ha (53,300) y 4.95 ton/ha (62,500). Como se puede observar las dos primeras densidades superaron significativamente a la densidad mas alta, lo cual corrobora resultados obtenidos anteriormente.

### INTRODUCCION

Los aspectos agronómicos muchas veces son pasados por alto en las siembras comerciales de los cultivos. Entre estos tenemos la densidad de siembra, el cual es uno de los factores que mas influye en los rendimientos finales del cultivo de maíz. Hay que tener en cuenta que partir con una buena siembra, es decir con una población de plantas adecuada garantiza buenos rendimientos al final del cultivo. Es conocido que no existe una densidad óptima a manera universal para el

- 
- <sup>1</sup> Ing. Agrónomo, MSc. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
- <sup>2</sup> Agrónomo. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
- <sup>3</sup> Ing. Agrónomo. IDIAP. Programa de Maíz. Centro Regional de Azuero.

maíz, Sprague y Larson (1966), debido a que la cantidad de agua, temperatura, radiación solar, tipo de suelo, etc., varía de país a país e inclusive dentro de un mismo país.

Varios autores informan que los rendimientos de grano y materia seca aumentan a medida que va aumentando la población o densidad de plantas, pero la misma decrece en un punto el cual es negativo para los productores. El aumento en densidad se ha correlacionado también con el tamaño de la mazorca y altura de planta (Ruiz y Araúz, 1990; Termude *et al.*, 1963; Espino, 1972). En la Región de Azuero se han realizado este tipo de estudios con anterioridad, pero a través del tiempo los cultivares que siembran comercialmente van variando, lo que obliga a realizar estos estudios con cierta periodicidad para confirmar si las densidades recomendadas son las adecuadas para estos nuevos materiales.

El objetivo de este estudio fue el de evaluar el rendimiento de dos híbridos nuevos de la Pioneer a diferentes densidades, así de como se afectaban sus principales características.

#### MATERIALES Y METODOS

Se realizó un experimento en la Finca Experimental de la Honda, ubicada en la Región de Azuero a unos 25 msnm, a 7° Latitud Norte y 80° 20' Longitud Oeste. Este ensayo se sembró en 1990 en

la segunda coa o estación lluviosa, que va de agosto a diciembre. El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas en un arreglo de bloques, con tres repeticiones. En donde la parcela principal fueron los híbridos evaluados y las subparcelas las densidades. La parcela experimental constó de cuatro surcos de cinco metros de largo.

Los híbridos evaluados fueron el X-3214 y el X-3098 y los mismos fueron tratados con el insecticida furatiocarb a razón de 10 g i.a./kg de semilla. Las densidades que se experimentaron fueron las de 50,000, 53,000, 57,000 y 62,000 plantas por hectárea. Estas densidades se lograron con distancias de siembra de 80 x 25, 75 x 25, 70 x 25 y 80 x 20 cm. El control de malezas se realizó con la aplicación de la mezcla de atrazina mas pendimetalina a razón de 2,0 + 2,9 l/ha, con posteriores limpiezas manuales, por escapes del control de algunas malezas. la fertilización consistió de la aplicación de 227 kg/ha de 15-30-8-6 al momento de la siembra mas 182 kg de urea 35 días después de la germinación, el cual consiste del chapeo de la maleza antes de iniciar la siembra y la posterior quema con el herbicida Paraquat a razón de 2.0 lt/ha.

Se tomaron los datos de rendimiento, número de plantas y mazorcas cosechadas, altura de planta, porcentaje de plantas acamadas y humedad del grano al momento de la



cosecha. La precipitación acumulada durante el experimento se observa en la Gráfica 1.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de este experimento nos indicaron que hubo diferencias significativas entre los híbridos en las variables de rendimiento, porcentaje de acame y altura de planta, siendo mayores en todas estas variables el híbrido X-3214. Cabe señalar que el potencial de rendimiento de este híbrido es mayor que el X-3098 como lo demuestran los resultados obtenidos en las pruebas regionales del IDIAP en los últimos años (Pérez et al., 1989; Alvarado et al., 1990).

En relación a las densidades se observó una diferencia al 11% de probabilidad para la variable rendimiento. Los promedios obtenidos fueron de 5.45 ton/ha (50,000), 5,38 ton/ha (57,000), 5.25 ton/ha (53,000) y 4.95 ton/ha (62,500). Como se puede observar las dos primeras densidades superaron significativamente a la densidad mas alta, lo cual corrobora resultados obtenidos anteriormente en la Región de Azuero (Cuadro 1). Ruíz y Araúz, (1990) y la Cía Melo, informan que la densidad de plantas de 62,000 a 57,000 son las que mejor se comportan en Chiriquí y Darién, pero tenemos que señalar que la precipitación que cae en estos dos lugares es muy diferente y puede ser la cla-

ve de las diferencias en los resultados obtenidos en este experimento. En relación a la altura de planta y el porcentaje de acame podemos observar que a medida que aumentó la densidad de población los valores encontrados fueron mayores. Estas características no son beneficiosas para el cultivo, ya que entre mayor es el porcentaje de acame, más pérdidas por mazorcas dejadas en el campo por los cosechadores.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El híbrido X-3214 superó en rendimiento al X-3098.

La densidad de 50,000 plantas/ha fue la que mayor rendimiento produjo (5.45 ton/ha).

El porcentaje de acame y la altura de plantas más altas se obtuvo con la densidad de 62,500 plantas/ha.

Se recomienda repetir este experimento para confirmar los resultados de este ciclo.

## BIBLIOGRAFIA

ALVARADO A.; D. PEREZ; N. DE GRACIA; A. GONZALEZ; E. QUIROZ; J. C. RUIZ; L. CARRANZA y I. CAMARGO. 1990. Evaluación de cultivares de maíz de Grano Amarillo en 12 localidades de Panamá. En: Resúmenes presentados en la XXXVI Reunión Anual del PCCMCA. Panamá 18 al 22 de marzo de 1991.

ESPINO, D. A. 1972. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y caracteres agronómicos en cuatro variedades de maíz (Zea mays L.) en Apodaca, N. L. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela de Agricultura y Ganadería del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. México 102 p.

PEREZ, D. A. GONZALEZ; N. DEGRACIA; R. HERNANDEZ; E. QUIROZ; I. CAMARGO y A. ALVARADO. 1989. Evaluación de cultivares de maíz de grano amarillo en 9 zonas productoras de Panamá. En: Trabajos presentados de los Proyectos Colaborativos en Agronomía, Desarrollo y Mejoramiento d Germoplasma en Maíz (Zea mays L.) pag 50-66.

RUIZ J. C. y J. R. ARAUZ. 1990. Evaluación de variedades e híbridos de maíz a tres densidades de siembra. Revista Ciencia Agropecuaria 6:115-126.

SPRAGUE. G. F. y W. E. LARSON. 1966. Producción Agronómica de Maíz. Washington D. C. United States Departament of Agriculture. Bol. Tec. 322.

TERMUDE D. E. et al. 1963. Efecto de la Población de plantas en la faja maicera del noreste de los Estados Unidos. Agro. Journal 35 (6):551-554.

CUADRO 1. RENDIMIENTO, ALTURA DE PLANTA Y PORCENTAJE DE ACAME DE LOS HIBRIDOS X-3214 Y X-3098 BAJO CUATRO DENSIDADES DE PLANTAS.

Hibrido	Población Plantas/ha	Rendimiento ton/ha	% de acame	altura de planta (cm)
	50 000	5.452	17.0	252.5
	53 300	5.251	21.1	257.1
	57 000	5.385	23.6	256.2
	62 500	4.952	26.8	261.0
X-3214		5.609	25.3	265.2
X-3098		4.910	19.0	248.2

\* Mezcla Química

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS EVALUADAS EN EL ENSAYO DE DENSIDAD DE DOS HIBRIDOS DE PIONNER, PANAMA, 1990.

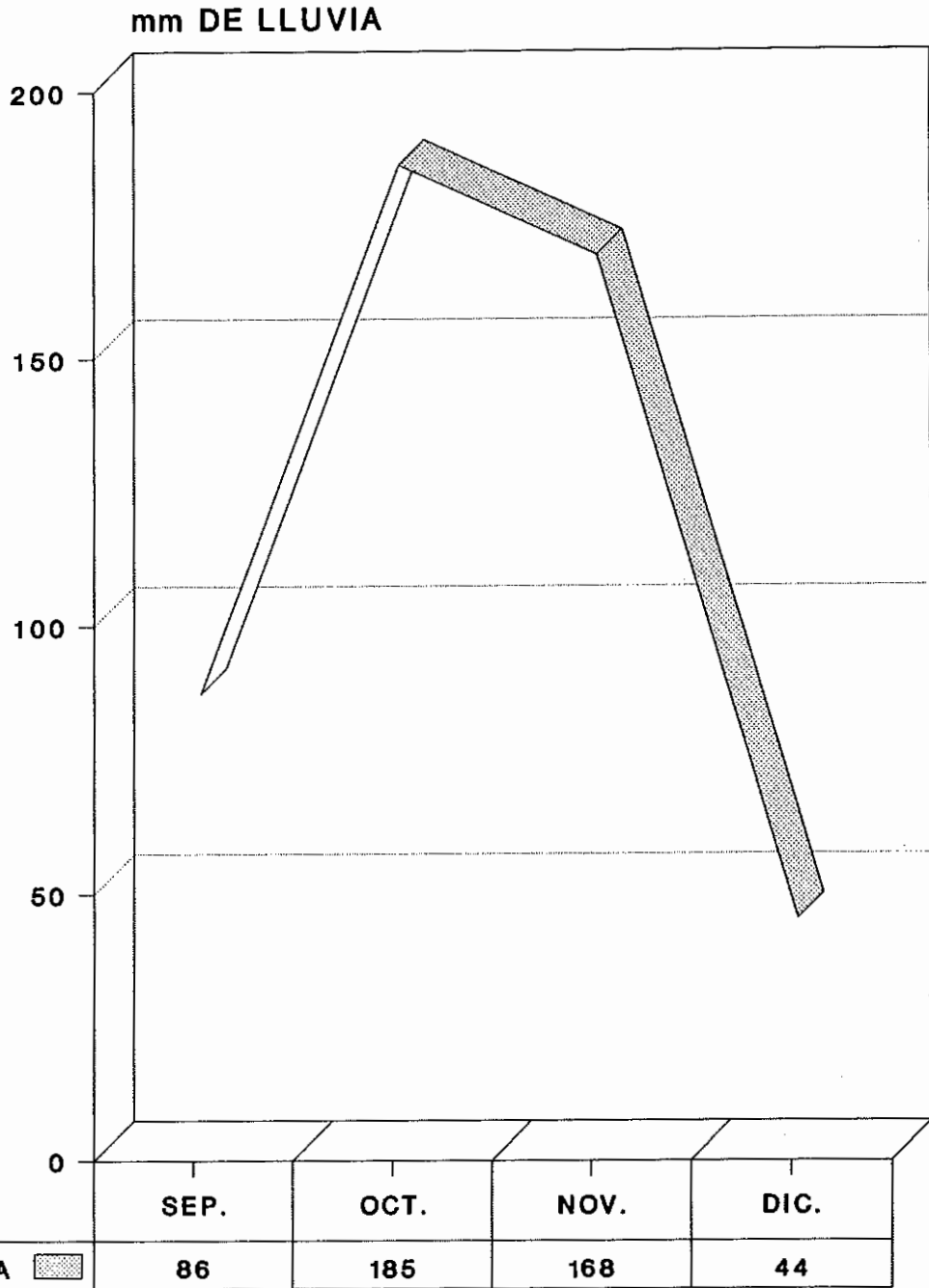
Fuente de Variación	g. l.	CUADROS MEDIOS		
		Rendimiento	% de acame	Alt. Planta
Repetición (Rep)	2	0.011	90.04	65.82
Variación (Var)	1	2.930	240.66 *	1729.7 **
Rep * Var	2	2.061	170.29 *	516.08 *
Densidad (Den)	3	0.294 @	103.44 @	73.67
Var * Den	3	0.296 @	5.88	55.10
C. V.		6.66	28.29	4.59

g. l. - Grados de libertad

@, \*, \*\* - Significativo al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad

C.V. - Coeficiente de variación

**FIGURA 1. PRECIPITACION PLUVIAL EN LA HONDA, PANAMA. 1990**



## AGRONOMIA y FISILOGIA: Prácticas Culturales

### ESTUDIOS DE DENSIDADES DE SIEMBRA Y NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO EN EL CULTIVO DE MAIZ AMARILLO HE-104.

J. C. Escobar, F. Guerra, N. Arraiza <sup>1</sup>; A. Aguiluz <sup>2</sup>

#### RESUMEN

El Programa de Maíz de El Salvador a través de su progreso constante de generación y adaptación de materiales, crea variedades con buenas características y rendimiento. Sin embargo, en este proceso se carece de la información agronómica necesaria de los diferentes genotipos por lo que se desconoce el verdadero potencial de los materiales para ser manejados con un programa agronómico completo; por lo que se llevó a cabo la presente investigación para determinar la densidad de siembra y los niveles de fósforo y nitrógeno en el híbrido amarillo HE-104. El trabajo se realizó en 2 ambientes y se usó un diseño de parcelas divididas con 4 repeticiones. Se utilizaron las densidades de 40, 50 y 60 plantas/ha, 0 y 52 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 065, 129 y 195 kg/ha de nitrógeno.

Los resultados indicaron que el rendimiento presentó diferencias altamente significativas sólo para densidades y niveles de nitrógeno.

Las densidades de 50, 60 mil plantas/ha, fueron estadísticamente iguales y diferentes a las de 40 mil plantas/ha que obtuvo menor rendimiento. Todos los niveles de nitrógeno fueron diferentes entre sí al 99% de probabilidad, presentando el testigo una reducción de 2497 kg/ha y los niveles de 129 y 195 kg/ha un rendimiento de 5258 y 5700 kg/ha, respectivamente.

El aspecto y porcentaje de mazorcas podridas presentó diferencias altamente significativas con respecto a los niveles de nitrógeno y densidades; presentándose mayor pudrición con los niveles bajos de nitrógeno y un mejor aspecto con las densidades bajas. También existió un mayor porcentaje de mala cobertura con densidades bajas y niveles altos de nitrógeno. Los días a flor masculina y femenina presentaron diferencias altamente significativas con los niveles de fósforo, nitrógeno y su interacción, obteniéndose con el nivel de

---

<sup>1</sup> Investigadores del Programa de Maíz. CENTA-MAG, El Salvador, 1991.

<sup>2</sup> Coordinador. Programa de Maíz. CENTA-MAG, El Salvador. 1991.

52 kg/ha de fósforo una disminución en 2 días para la flor femenina y 3 días la masculina.

El nivel cero de nitrógeno aumentó el número de días a floración; sin embargo los niveles de 65, 129 y 195 kg/ha fueron estadísticamente iguales. De igual manera, la interacción nitrógeno-fósforo disminuyó el número de días a flor de 2 a 3 días.

### INTRODUCCION

En el transcurso de los años el Programa de Maíz del Centro de Tecnología Agrícola, ha sido dinámico en su trabajo de generación de nuevos materiales de maíz que superen los rendimientos de los híbridos tradicionales. Dentro de estos materiales se ha producido el híbrido HE-104, que es una alternativa para superar los rendimientos de los maíces amarillos; no obstante, una vez creado estos materiales se hace imperativo la investigación de las variables agronómicas con el objeto de optimizar mejor los rendimientos; razón por la cual se planificó el presente trabajo con el objeto de investigar niveles de nitrógeno, fósforo y densidades de siembra y crear de esta forma las recomendaciones adecuadas para el manejo de este híbrido a nivel comercial.

La investigación se llevó a cabo en el Cantón Flor Amarilla, jurisdicción de Ciudad Arce, Depto. de la

Libertad y en Santa Cruz Porrillo, jurisdicción de Tecoluca del Depto. de San Vicente, durante el período comprendido de junio a noviembre de 1990.

### REVISION LITERARIA

El Programa de Maíz del Centro de Tecnología Agrícola es dinámico en su proceso de generación de materiales, pero las variedades mejoradas no expresan al máximo su potencial de rendimiento debido muchas veces al mal manejo que se les proporciona, especialmente en cuanto a las densidades de siembra y el mal uso de los fertilizantes, Mendivar y Cabrera (1977).

El Depto. de Suelo del Centro de Tecnología Agrícola, recomienda para el caso del maíz, cuando los niveles de fósforo son bajos, la utilización de 52 kg/ha de  $P_2O_5$  al momento de la siembra y para el caso del nitrógeno la cantidad de 103 kg de nitrógeno puro/ha, CENTA (1990), aunque en cada genotipo las exigencias de este elemento pueden variar ya que las cantidades utilizadas han aumentado con el empleo de variedades mejoradas; pero también tiene un gran efecto las técnicas del cultivo y la fertilidad natural del suelo, Garman (1903).

Mendivar y Cabrera (1977), en ensayos sobre densidades de siembra y niveles de nitrógeno obtuvo respuestas al nitrógeno hasta

con 100 kg/ha en algunos tipos de suelo; sin embargo la mejor respuesta la alcanzó con la menor dosis de 80 kg/ha.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación y característica del lugar

La investigación se llevó a cabo en el Cantón Flor Amarilla de la Estación Experimental de San Andrés, Jurisdicción de Ciudad Arce, Depto. de La Libertad que se ubica a 450 msnm, con una temperatura media anual de 24.3°C, humedad relativa de 76%, precipitación de 1828 mm anuales y que posee un tipo de suelo franco arenoso, pH de 6.7, muy alto en fósforo (+100 ppm), alto en potasio (189), materia orgánica con 2.2% y arena gruesa 6.6%.

Un segundo ensayo se instaló en el Cantón Santa Cruz Porrillo, Jurisdicción de Tecoluca, Depto. de San Vicente, que se ubica a 30 msnm y posee una temperatura media anual de 26°C, precipitación anual de 1727 mm y con un tipo de suelo franco arenoso, pH 6.8, muy alto en fósforo (74 ppm), alto en potasio (140 ppm), 1.09% de materia orgánica y 8.26% de arena gruesa.

### Siembra y manejo del cultivo

Previo a la siembra, el suelo fue preparado con un paso de arado, 3 pasos de rastra y un surqueado. Las siembras se realizaron el 13 y 14 de junio de 1990 y la

semilla fue tratada con Marshall 2.5 St, en dosis de 1.8 kg por 45.4 kg de semilla.

Se usó un distanciamiento entre surco de 0.8 m y a la pre-emergencia se aplicó herbicidas, utilizándose la mezcla de atrazina 2.14 kg/ha más 1.4 l/ha de Lazo.

Las plagas del follaje se controlaron con Phoxim 500 CE en dosis de 1.4 l/ha y Phoxim 2.5 G en dosis de 7.8 kg/ha. Las malezas fueron controladas a los 15 días después de la siembra, al momento del aporco y a los 45 días después de la siembra.

### Diseño estadístico y tratamientos

Se utilizó un diseño en parcelas divididas en el cual las grandes fueron los niveles de fósforo de 0 y 52 kg/ha de  $P_2O_5$ . En la parcela mediana se usaron las densidades de siembra de 40, 50 y 60 mil plantas/ha; conteniendo las parcelas pequeñas de los niveles de nitrógeno de 0, 65, 129 y 195 kg/ha de elemento puro.

De la combinación de los niveles de los diferentes factores en estudio se formaron 24 tratamientos, los cuales fueron previamente azarizados, usándose 4 repeticiones.

En los tratamientos en que se empleó el fósforo, este se aplicó al momento de la siembra y el nitrógeno a los 13 y 30 días después utilizándose como fuente la

fórmula 16-20-0 y el sulfato de amonio (21%), respectivamente.

La parcela experimental constó de 5 surcos de 5 metros de largo (20 m<sup>2</sup>) y la parcela útil fue de 3 surcos centrales (6 m<sup>2</sup>). El ensayo constó de una área total de 2400 m<sup>2</sup>.

#### Toma de datos

Los datos que se tomaron en cuenta en el desarrollo del ensayo fueron altura de planta, días a flor masculina y femenina, cobertura de mazorca, pudrición de mazorca, número de plantas cosechadas y rendimiento.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se presentan los resultados para el rendimiento de cada localidad en estudio y se observa que para ambos lugares se encontraron diferencias altamente significativas ( $P > 0.01$ ) para el factor nitrógeno y al 95% de probabilidad para la interacción fósforo-densidad. Todos los niveles de nitrógeno fueron diferentes entre sí según la prueba de Duncan, y para Santa Cruz Porrillo el testigo produjo 1994 kg/ha; los niveles de 129 y 195 kg/ha de nitrógeno, produjeron 5768 y 6145 kg/ha de grano, respectivamente.

En la localidad de San Andrés el factor nitrógeno mantuvo el mismo comportamiento que en S. C. Porrillo, sin embargo en general se reportaron menores rendimientos.

La interacción fósforo-densidad fue significativa solo para S.C. Porrillo, aunque en ambos lugares la interacción presentó la misma tendencia al mostrarse la mayor producción con la interacción del fósforo y la densidad de 50 mil plantas/ha.

En los Cuadros 2 y 3, se muestra el análisis combinado de ambas localidades para rendimiento y otras variables agronómicas y se observa que el rendimiento presentó diferencias altamente significativas para el nitrógeno y densidades al 99% de probabilidad. La prueba de Duncan mostró que las densidades de 50 y 60 mil plantas/ha fueron iguales estadísticamente y produjeron 4538 y 4526 kg/ha de grano, cada una. Sin embargo, fueron diferentes a la densidad de 40 mil plantas/ha que produjo 4242 kg/ha. Todos los niveles de nitrógeno fueron diferentes entre sí según Duncan; produciendo el testigo 2497.1 kg/ha y el nivel de 129 y 195 kg/ha de nitrógeno, 5258.7 y 5700.3 kg/ha de grano, respectivamente.

En cuanto a la pudrición de mazorca hubo diferencias altamente significativas al 99% de probabilidad para el factor nitrógeno. Los niveles de 0 y 65 kg/ha de nitrógeno, fueron estadísticamente iguales y diferentes a los niveles de 129 y 195 kg/ha de nitrógeno. La pudrición de la mazorca fue mayor en el nivel cero de nitrógeno el cual presentó 12.5%, aunque en los niveles de 65, 129 y 195 kg/ha presentaron 8.67,



6.53 y 5.85% de pudrición, respectivamente.

El aspecto de la mazorca según el análisis combinado presentó diferencias altamente significativas al 99% de probabilidades para el factor nitrógeno y al 95% para densidades. El aspecto de la mazorca fue mayor con la densidad de 40 mil plantas/ha, pero con los niveles de 129 y 195 kg/ha de nitrógeno se obtuvo un mejor aspecto de la mazorca que con los niveles bajos de nitrógeno utilizados (Cuadro 2).

La cobertura de mazorca con el nivel cero de fósforo fue del 27.4% y con el nivel de 52 kg/ha fue de 22.7%, mostrando diferencias estadísticas al 99% para ambos factores. Los niveles de nitrógeno y las densidades también presentan diferencias estadísticas al 99% y se presentó una mejor cobertura de la mazorca con los niveles más bajos de nitrógeno y para el caso de las densidades con las más altas; este resultado es debido a la influencia de estas variables agronómicas sobre el desarrollo de la mazorca. La interacción entre el fósforo-densidad y nitrógeno-fósforo mostró también diferencias estadísticas al 99% de probabilidades (Cuadro 3).

En cuanto a los días a flor, tanto masculina como femenina, se presentaron diferencias estadísticas al 99% de probabilidades para el fósforo, nitrógeno y su interacción; obteniéndose con nivel de 52 kg/ha de  $P_2O_5$  una

disminución en dos días para la flor femenina y 3 días la masculina, con respecto al nivel cero de fósforo.

El nivel cero de nitrógeno presentó 60 días a flor femenina y 58 para la masculina, siendo estadísticamente iguales los niveles de 65, 129 y 195 kg/ha de nitrógeno, que reportaron valores de 53 a 55 días para la floración masculina y femenina. De igual manera, la interacción fósforo y nitrógeno fue evidente en disminuir los días a flor masculina y femenina al combinarse el nivel de 52 kg/ha de  $P_2O_5$  con los niveles de 65, 129 y 195 kg/ha de nitrógeno (Cuadro 3). Estos resultados muestran alguna perspectiva en el manejo del patrón de fructificación de esta planta que puede ser importante en la sincronía de floración en la formación de híbridos. No obstante, es necesario estudiar con más detalle la influencia de estas variables.

## CONCLUSIONES

El rendimiento del cultivo del maíz presentó diferencias altamente significativas solo para densidades y niveles de nitrógeno.

La densidad de 50 y 60 mil plantas por hectárea fueron similares entre sí y diferentes a la densidad de 40 mil plantas por hectárea, que obtuvo un menor rendimiento.

Todos los niveles de

nitrógeno fueron diferentes entre sí al 99% de probabilidades presentando el testigo una producción de 2497 kg/ha y los niveles altos de 129 y 195 kg/ha una producción de 5258 y 5700 kg/ha, respectivamente.

El aspecto y porcentaje de mazorcas podridas presentó diferencias altamente significativas con respecto a los niveles de nitrógeno y las densidades, presentándose mayor pudrición con los niveles bajos de nitrógeno y un mejor aspecto con las densidades bajas.

Existió un mayor porcentaje de mala cobertura con densidades bajas y niveles altos de nitrógeno.

Los días a flor masculina y femenina presentaron diferencias altamente significativas con los niveles de fósforo, nitrógeno y su interacción.

El nivel de 52 kg/ha de fósforo disminuyó en 2 días la floración femenina y en 3 días la masculina con respecto al nivel cero de fósforo.

La interacción entre el nivel de 52 kg/ha de fósforo y los niveles de nitrógeno disminuyeron los días a flor entre 2 y 3 días con respecto a la interacción con el nivel cero de fósforo.

El nivel cero de nitrógeno presentó 60 días a flor femenina y 58 para la masculina; sin embargo, los niveles de 65, 129 y 195

kg/ha de nitrógeno fueron estadísticamente iguales y presentaron valores de 53 a 55 días para la floración masculina y femenina.

## BIBLIOGRAFIA

**MENJIVAR A, y Y.A. CABRERA.** Efecto de diferentes densidades de población y niveles de fertilización sobre el rendimiento de grano de las variedades de maíz CENTA MI-B, 4-8, ACROSS 7423.

**CENTRO DE TECNOLOGIA AGRICOLA.** División de Investigación Agrícola, Departamento de Suelos. 1990.

**GARMAN, W. H.** Manual de Fertilizantes. Trad. Modesto Rodríguez de La Torre, México, D.F. LIMUSA 1903 pp. 80,81.

**SHARMA, F.C. y CUPTA PC.** (1968). Effect. of plant Population and Rates of Nitrogen on the performanues of hybrid maize Indien 7 Agron. 13 (2) 76-82.

**CORDOVA, H., VEGA L. GONZALEZ** 1972. Estudio sobre densidades de siembra con maices H-3 y H-5 en El Salvador, C.A. XXII. Reunión Anual del PCCMCA, Panamá, Panamá.

**SALAS, C.** (1970). Efecto de las densidades de siembra y fertilización en el rendimiento de maíz, Fac. de Agronomía, Univ. Costa Rica. BOLITEC, Vol. III.

CUADRO 1. ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DEL ENSAYO SOBRE DENSIDADES DE SIEMBRA Y NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO EN EL CULTIVO DE MAIZ AMARILLO HE-104, EN LAS LOCALIDADES DE SAN ANDRES Y SANTA CRUZ PORRILLO. EL SALVADOR, 1990.

Variables		Santa Cruz Porrillo	San Andrés
		n.s.	n.s.
Repeticiones	I	4507	4213
	II	4613	4669
	III	4683	4265
	IV	4520	4010
Fósforo (P)		n.s.	n.s.
	P1	4546	4245
	P2	4595	4333
Densidades (D)		n.s.	n.s.
	D1	4445	4038
	D2	4646	4429
	D3	4651	4400
P x D		†	n.s.
	P1 D1	4344 b	4011
	P1 D2	4809 a	4379
	P1 D3	4548 b	4345
	P2 D1	4547 b	4064
	P2 D2	4584 b	4479
	P2 D3	4754 a	4456
Nitrogeno (N)		††	††
	N1	1994 b	2999 b
	N2	4416 a	4155 a
	N3	5768 a	4749 a
	N4	6145 a	5254 a
P x N		n.s.	n.s.
	P1 N1	1902	2989
	P1 N2	4203	4196
	P1 N3	5899	4715
	P1 N4	6264	5080
	P2 N1	2087	3009
	P2 N2	4629	4113
	P2 N3	5637	4782
	P2 N4	6027	5428
D x N		n.s.	n.s.
P x D x N		n.s.	n.s.
C.V. %		47.56	14.3

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DE RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DEL ENSAYO SOBRE DENSIDADES DE SIEMBRA Y NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO EN EL CULTIVO DE MAIZ, 1990.

Variables		Rendimiento	% Mazorca Podrida	Aspecto de Mazorca
		n.s.	n.s.	n.s.
Repeticiones	I	4360.6	9.473	2.77
	II	4641.6	8.559	2.44
	III	4474.6	7.694	2.43
	IV	4265.3	7.897	2.50
Fósforo (P)		n.s.	n.s.	n.s.
	P1	4406.5	8.72	2.53
	P2	4464.5	8.09	2.54
Densidades (D)		††	n.s.	†
	D1	4242.1 b	8.41	2.43 b
	D2	4538.3 a	7.94	2.51 a
	D3	4526.1 a	8.86	2.67 a
P x D		n.s.	n.s.	n.s.
	P1 D1	4178.0	8.73	2.45
	P1 D2	4594.6	7.72	2.48
	P1 D3	4446.8	9.71	2.67
	P2 D1	4306.1	8.09	2.40
	P2 D2	4482.0	8.16	2.54
	P2 D3	4605.4	8.00	2.67
Nitrogeno (N)		††	††	††
	N1	2497.1 d	12.56 b	3.56 b
	N2	4285.8 c	8.67 b	2.53 b
	N3	5258.7 b	6.53 a	2.10 a
	N4	5700.3 a	5.85 a	1.95 a
P x N		n.s.	n.s.	n.s.
	P1 N1	2445.8	12.54	3.50
	P1 N2	4200.2	9.06	2.58
	P1 N3	5307.2	7.34	2.00
	P1 N4	5672.6	5.94	2.06
	P2 N1	2548.5	12.58	3.62
	P2 N2	4371.4	8.28	2.47
	P2 N3	5210.2	5.72	2.20
	P2 N4	5728.0	5.76	1.85
D x N		n.s.	n.s.	n.s.
P x D x N		n.s.	n.s.	n.s.
C.V. %		14.0	49.1	20.7

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DE PORCENTAJE DE COBERTURA DE MAZORCA, DIAS A FLOR MASCULINA, FEMENINA Y ALTURA DE LA PLANTA DEL ENSAYO SOBRE DENSIDADES DE SIEMBRA Y NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO EN EL CULTIVO DEL MAIZ. 1990.

Variables		% Mala Cobertura	Dias a Flor Femenina	Dias a Flor Masculina	Altura Planta
		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Repeticiones	I	29.01	56	54	207
	II	22.45	56	54	211
	III	24.55	56	55	214
	IV	24.52	57	55	210
Fósforo (P)		##	##	##	n.s.
	P1	27.41 b	57 b	56 b	210
	P2	22.70 a	55 a	53 a	210
Densidades (D)		##	n.s.	n.s.	n.s.
	D1	31.05 b	56	54	214
	D2	22.86 a	56	55	207
	D3	21.27 a	56	54	210
P x D		##	n.s.	n.s.	n.s.
	P1 D1	30.79 b	57	56	212
	P1 D2	28.54 b	57	55	206
	P1 D3	22.91 a	57	55	212
	P2 D1	33.31 b	55	53	215
	P2 D2	17.18 a	55	54	208
	P2 D3	19.62 a	55	54	208
Nitrogeno (N)		##	##	##	##
	N1	20.54 a	60 b	58 b	174 b
	N2	23.71 a	55 a	54 a	216 a
	N3	28.72 b	55 a	53 a	222 a
	N4	27.27 b	54 a	53 a	228 a
P x N		†	##	##	n.s.
	P1 N1	20.23 a	60 b	58 b	173
	P1 N2	24.74 a	57 a	55 a	215
	P1 N3	32.57 b	56 a	55 a	222
	P1 N4	32.11 b	55 a	54 a	231
	P2 N1	20.84 a	60 b	58 b	175
	P2 N2	22.67 a	54 a	52 a	217
	P2 N3	24.86 a	53 a	52 a	223
	P2 N4	22.44 a	53 a	52 a	226
D x N		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P x D x N		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. %		40.6	2.8	2.8	8.3

**AGRONOMIA Y FISILOGIA. Validación y Transferencia  
de Tecnología**

**POTENCIAL DE PRODUCCION ALCANZABLE DE MAIZ EN EL ESTADO  
DE VERACRUZ, MEXICO.**

**J. L. Aguilar A.<sup>1</sup> ; A. Turrent F.<sup>2</sup>;  
R. Aveldaño Salazar<sup>3</sup>**

**RESUMEN**

En 1990 el estado de Veracruz, México, produjo 906,200 toneladas de maíz en dos ciclos de producción, en una superficie de 539 mil hectáreas con un rendimiento medio de 1.68 ton/ha. La baja productividad de los suelos y baja producción de maíz se debe a factores de tipo edáfico, climático, técnico, socioeconómico y político. Sin embargo, el estado de Veracruz, posee las condiciones agroecológicas necesarias y voluntad política para aumentar la producción.

EL Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), inició desde 1989 en el estado de Veracruz el Programa Nacional de Maíz de Alta Tecnología (PRONAMAT), con el objetivo de duplicar los rendimientos unitarios y

producción de maíz con la tecnología generada en los Campos Experimentales del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del estado de Veracruz, (CIFAP-VER).

Los componentes básicos de la tecnología fueron: un 20% más de las dosis recomendadas de nitrógeno (N) y fósforo (P), densidades altas de población, semillas mejoradas y control de plagas y malezas. Los componentes se manejaron con las premisas de calidad, cantidad y oportunidad.

Con información de 45 parcelas de validación, distribuidas en todo el estado de Veracruz y conducidas por investigadores del CIFAP-VER, se demuestra que se puede alcanzar un potencial de producción de 1 mi-

---

<sup>1</sup> M.C. Líder de la Red de Productividad de Agrosistemas en el CIFAP-VER. INIFAP. Apartado Postal 540. Xalapa. Veracruz. México

<sup>2</sup> Ph.D. Coordinador del Programa Nacional de Maíz de Alta Tecnología del INIFAP

<sup>3</sup> Ph.D. Experto Nacional de la Red de Productividad de Agrosistemas del INIFAP

llón 845 mil toneladas de maíz en la misma superficie de los ciclos agrícolas primavera-verano y otoño-invierno, en el primer ciclo se identificaron cuatro provincias agronómicas o zonas agroecológicas.

## INTRODUCCION

En México, el maíz juega un papel de suma importancia desde el punto de vista cultural, económico y social; sin embargo, en los últimos años el país se ha visto en la necesidad de importar cantidades crecientes de éste cereal. El estado de Veracruz es el sexto productor de maíz en la República Mexicana. En 1990 logró la cifra de 906,200 ton de maíz en dos ciclos de producción, con un rendimiento promedio de 1.68 ton/ha, en una superficie de 539 mil ha. El déficit de producción es del orden de 400 mil toneladas para poder alimentar a la población en los próximos años. La baja productividad se debe a factores de tipo edáfico, climático, técnico, socio-económico y político; sin embargo, el estado de Veracruz posee las condiciones agroecológicas necesarias y suficientes para satisfacer la demanda interna.

El Programa Nacional de Maíz de Alta Tecnología (PRONAMAT), en su fase científica constituye la estrategia formulada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, (INIFAP), con

el objetivo de lograr incrementos en la producción y productividad del maíz, con la tecnología generada en los Campos Experimentales el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Veracruz, (CIFAP-VER) y con ello lograr la meta estatal de producir millón y medio de toneladas.

El presente trabajo es con la finalidad de demostrar al sector público que se puede cumplir con la meta trazada por el gobernador.

## REVISION DE LITERATURA

Hay tres referencias relativas a la producción alcanzable de maíz en la República Mexicana que a continuación se mencionan.

En un estudio realizado por Laird (1963), señala que a principios de los años sesenta, en la información agrícola nacional se menciona que la producción potencial media de maíz en las 4,540,000 ha, que reciben más de 800 mm de precipitación anual, más las 800,000 ha, de suelos profundos en zonas con 700 a 800 mm de precipitación anual, es de 21,470,000 ton al año. Wellhansen (1974), estimó que México puede producir 25 millones de ton de maíz, en 6 millones de ha, en áreas donde la lluvia media anual es de 700 mm o más, principalmente con la utilización eficiente y sistemática de las tecnologías disponibles.

Turrent (1986), en un trabajo interinstitucional

estimó que se puede producir 20,173,597 ton de maíz en 7,470,689 ha de las cuales 15,761,888 ton son de temporal y 4,411,709 ton bajo riego, producidas en 6,506,992 ha y 972,696 ha en temporal y riego respectivamente. En este trabajo, Turrent ubica a Veracruz con producciones de 1.5 a 2.0 millones de ton si se utiliza la tecnología generada por el CIFAP-VER.

Rodríguez (1988), menciona que para 1995 es factible producir 15,375 millones de ton de maíz en una superficie de 7.5 millones de ha y con rendimientos de 2.05 ton/ha a nivel nacional.

#### MATERIALES Y METODOS

La red de Productividad de Agrosistemas del CIFAP-VERACRUZ, puso en marcha el PRONAMAT Científico en el ciclo P-V/89-89 a la fecha, muestreando la mayor parte de la superficie dedicada al maíz bajo condiciones de temporal eficiente, con las siguientes estrategias:

- a. Transferir de manera acelerada, la tecnología de producción de maíz; actualmente disponible a las superficies dedicadas al cultivo con alto potencial productivo, mediante el establecimiento de Parcelas de Validación.
- b. Explorar el potencial productivo, mediante la experimentación sobre fugas de rendimiento.

- c. Cartografiar las provincias agronómicas o zonificación agroecológica para el cultivo de maíz.

Se utilizó el esquema de módulos de validación-investigación, para tener la información de la producción potencial alcanzable a corto y a mediano plazo.

#### Validación

En las parcelas de validación se aplicaron oportuna y eficientemente las innovaciones tecnológicas de producción con el propósito de obtener un rendimiento máximo de acuerdo al potencial de cada región.

Los componentes principales fueron: semilla mejorada, dosis y fraccionamiento de la fertilización, mayor densidad de plantas, oportunidad de las labores y en la aplicación de los insumos moderados.

En la mayoría de las parcelas la siembra fue a espeque con excepción de 3 localidades que fue con sembradora. La fertilización se fraccionó en 2, aplicándose la mitad del (N), más todo el (P) y el potasio (K) (cuando éste llevaba) en la siembra y el resto del (N) a los 25-30 días después de la siembra que coincidía con la labor de cultivo o atierre.

Sólo en la localidad en el ciclo P-V&89-89 se usó semilla criolla debido a que fue la única ubicada en alturas por encima de los 1200



msnm (específicamente el sitio tenía 1700 msnm) donde no prosperan los maíces tropicales mejorados ni los de valles altos mejorados. La siembra en Miahuatlán fue con humedad residual, mientras que las restantes fue de temporal.

La densidad planeada fue de 60 mil plantas por hectárea para los genotipos de porte bajo tales como: H-509, V-524 y V-530 y de 50 mil para las de porte alto como el VS-525 y el Criollo.

### Investigación

La investigación que se desarrolló colateralmente a las parcelas de validación a determinar la importancia de los diversos factores que contribuyen a una brecha de rendimiento en áreas donde la tecnología es capaz de dar rendimientos más altos que los existentes pero que no es utilizado por los productores, para ésto se usaron experimentos multifactoriales de la serie 2n.

### Provincias agronómicas

Las Provincias Agronómicas es una herramienta útil para seleccionar áreas propicias para el cultivo de maíz y son definidos por: a) el cociente que resulta de dividir la precipitación entre la evaporación para el período de junio a septiembre (que corresponde al ciclo del cultivo) y b) la profundidad del suelo, en el Cuadro 1, se definen las Provincias.

Para realizar la carto-

grafía de las Provincias Agronómicas de maíz, escala 1:1.000,000 Turrent *et al.* (1991) fue necesario recabar la información climática secular de cada estación meteorológica y dibujar sobre la carta del estado los isococientes límites entre los estados 0.5, 0.7, 0.9 y 2.0, a continuación se sobrepuso las cartas de uso actual de la tierra y edafología para señalar las tierras de labor con suelos profundos y delgados. Para la escala 1:250,000 se transfirieron los isococientes.

Posteriormente se transfirieron los isococientes de la escala 1:1.000,000 a la escala 1:250,000 y se sobrepusieron las cartas de uso actual y edafológica para tener mayor precisión en la localización de las parcelas.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2, se observa cual fue el comportamiento de la producción de maíz en el año agrícola de 1990 en el estado de Veracruz, así, se tiene que el ciclo 0-I/1989-90, se obtuvieron 224,00 ton de maíz y 682,200 ton en el ciclo P-V/1990-90 para totalizar en 1990 con 906,200 ton de maíz. Como se aprecia los rendimientos unitarios son bajos. En cambio, con la información obtenida en las 45 parcelas de validación conducidas por investigadores del CIFAP-VER, y estratificados por provincias agronómica se puede constatar en el Cuadro 3, donde los rendimientos alcanzables son dos veces

mayores que los obtenidos actualmente y por lo tanto también se puede duplicar la producción hasta llegar a 1'845,400 ton de maíz que rebasa con mucho la meta trazada por el gobernador de obtener millón y medio siempre y cuando se utilice la tecnología del CIFAP-VER. Lo anterior demuestra que son varios componentes los que están fallando operativamente, entre ellos se encuentran los siguientes: Crédito (insuficiente e inoportuno), asistencia técnica (de baja calidad), fertilizantes (insuficientes y distribución inoportuna), productoras de semilla (bajo porcentaje de utilización de semilla mejorada).

Mejorando la tecnología actual con que cuenta el CIFAP-VER, mediante la incorporación de los resultados experimentales se tendría un potencial de producción a mediano plazo de aproximadamente las 2'333,300 ton de maíz, ésto es posible además, porque el 76% de la superficie dedicada al maíz se encuentra en las provincias de muy buena y Buena productividad con buen potencial de rendimiento.

#### CONCLUSIONES

El estado ya empezó a tomar en cuenta a la investigación, de tal manera que en éste año de 1991, el gobierno federal y estatal va a contratar agrónomos para dar asistencia técnica intensiva y se les capacitará con los temas acordes al PRONAMAT. Por otra parte, se

formó una comisión Técnica del Programa Estatal de Maíz para coordinar operativamente la producción de maíz y que se cumplan las metas y se destraben los problemas.

Esta Comisión está liderada por el Dr. Antonio Turrent F. del INIFAP. Dicha Comisión está representada por personal de todas las instituciones relacionadas con el campo. Las perspectivas de producción a mediano plazo son prometedoras.

#### BIBLIOGRAFIA

LAIRD, R. J. 1963.

Producción potencial del maíz de temporal en México. memorias del Ier. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.

RODRIGUEZ, V. J. 1988. La producción y la demanda de granos básicos en México; sus proyecciones al año 2000. Comercio Exterior 38(7): 606-623.

TURRENT, F. A. 1986. Estimación del potencial productivo actual de maíz y frijol en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados. Chapingo México.

WELLSHANSEN, E. J. 1974.

Problemas, mejoras y prospectos para atender futuras demandas. La situación mundial en materia de alimentos. Primer Coloquio Internacional. Cocoyac. Morelos, México.

CUADRO 1. PROVINCIAS AGRONOMICAS DE LA TIERRA DE LABOR BAJO TEMPORAL PARA MAIZ EN MEXICO.  
(GONZALEZ, TURRENT Y AVELDANO, 1990).

Provincia Agronómica de maíz	Clave	Cociente 1/ P/E	Profundidad del Suelo 2/
1. Muy buena Productividad	MFP	0.9 a 2.0	Profundos
2. Buena Productividad	BP	> de 2.0	Prof. y delgadbs.
3. Mediana Productividad	MP	a) 0.5 a 0.9 b) 0.7 a 2.0	Profundos Delgados
4. Baja Productividad	BP	a) < de 0.5 b) 0.5 a 0.7	Profundos Delgados
5. Tierras Marginales	■	< de 0.5	Delgados

1/ Valor secular del cociente P/E, para el periodo junio-septiembre

2/ Suelo profundo, más de 1 m de espesor; suelo delgado, entre 0.1 y 1.0 m de espesor.

CUADRO 2. SUPERFICIE, RENDIMIENTO Y PRODUCCION DE MAIZ EN EL CICLO AGRICOLA DE 1990 EN VERACRUZ.

Ciclo	Superficie Cosecha (miles/ha)	Rendimiento Medio (ton/ha)	Producción (Miles de ton)
Q-1/1989-90	160	1.40	224.0
P-V/1990-90	379	1.80	682.2
AÑO AGRICOLA	539	1.68	906.2

CUADRO 3. POTENCIAL DE PRODUCCION DE MAIZ TECNICAMENTE ALCANZABLE A CORTO PLAZO CON LA TECNOLOGIA ACTUAL EN EL ESTADO DE VERACRUZ.

Ciclo	Provincia Agronomica	Superficie cosecha (miles de ha)	Rendimiento		Producción	
			Actual	Alcanzable	Actual	Alcanzable
O-I		160.0	1.40	2.53	224.0	405.2
P-V		379.0	1.80	3.80	682.2	1440.2
	MBP	168.9	2.45	4.20	413.8	709.4
	BP	118.7	1.50	3.80	178.1	451.1
	MP	84.2	1.02	3.27	86.0	275.4
	bp	7.2	0.60	0.60	4.3	4.3
Año Agrícola		539.0	1.68	3.42	906.2	1845.4

CUADRO 4. POTENCIAL DE PRODUCCION DE MAIZ TECNICAMENTE ALCANZABLE A MEDIANO PLAZO EN EL ESTADO DE VERACRUZ.

Ciclo	Provincia Agronomica	Superficie cosecha (miles de ha)	Rendimiento		Producción	
			Actual	Alcanzable	Actual	Alcanzable
O-I		160.0	1.40	3.00	224.0	480.0
P-V		379.0	1.80	4.89	682.2	1853.3
	MBP	168.9	2.45	5.60	413.8	945.8
	BP	118.7	1.50	4.85	178.1	575.7
	MP	84.2	1.02	3.87	86.0	326.0
	BP	7.2	0.60	0.8	4.3	5.8
Año Agrícola		539.0	1.68	4.33	906.2	2333.3

## PROTECCION VEGETAL. Uso de Pesticidas.

### ESTUDIO DE LA EFICACIA DE INSECTICIDAS COMERCIALES Y DE ORIGEN VEGETAL EN PLAGAS DE MAIZ ALMACENADO

J. C. García, C. A. Arias; G. Valladares, R. Santamaría <sup>1</sup>

#### RESUMEN

La protección de los granos almacenados contra el ataque de insectos, es un problema desde que el hombre aprendió a cultivar y almacenar sus granos, reportando la FAO pérdidas de un 24% en maíz para la región de El Salvador. El objetivo general de este trabajo es generar tecnología apropiada para la reducción de pérdidas en la post cosecha de maíz almacenado causado por los insectos y específicamente efectuar una evaluación comparativa de la residualidad y efectividad de los productos químicos y biológicos en el control de insectos primarios de almacén. El ensayo se está llevando a cabo en el Laboratorio de Control de Calidad de Granos de Parasitología Vegetal, evaluando los insecticidas comerciales Pirimphos metil y Fosfina; y dos de origen vegetal (cebolla y harina de Neen), los que serán comparados con el testigo absoluto. Se montaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, efectuando a la fecha dos muestreos completos y el

tercero en proceso de análisis de laboratorio.

En el primer mes de almacenamiento se nota un aumento en el daño por insectos a los tratamientos con cebolla y no se observa una diferencia significativa entre el testigo y los demás tratamientos para la segunda evaluación (dos meses de almacenamiento), el daño del testigo se incrementó en un 15.33% en promedio, mientras que el fósforo de aluminio y pirimphos metil se mantienen en un rango del 2.35% a 2.72%, el tratamiento con Neen incrementó el daño a 4.20% mientras que el tratamiento en cebolla se incrementó en un 1.5% con respecto al daño presentado al mes de almacenamiento.

#### INTRODUCCION

La conservación de la calidad de los granos es uno de los problemas a que se enfrenta el agricultor salvadoreño, por contar con una cantidad muy limitada de productos químicos, para controlar las plagas de alma-

<sup>1</sup> Técnicos Investigadores. Depto. de Parasitología Vegetal. CENTA-MAG. El Salvador.

cén; en el país se reportan pérdidas en cantidad y calidad hasta en 24% causadas por diferentes factores encontrándose los insectos como uno de los principales agentes de pérdidas. Los productos químicos disponibles en el mercado para la conservación de alimentos son muy limitados y en ocasiones los precios no están al alcance de la gran mayoría de pequeños agricultores, razón por la cual almacenan sus granos utilizando productos inadecuados para controlar los insectos de almacenamiento; algunos de estos altamente tóxicos y residuales.

El objetivo general de este trabajo es generar tecnología apropiada para la reducción de pérdidas en la etapa post cosecha de maíz almacenado por causa de daño por insectos y especialmente evaluar la efectividad de productos químicos y biológicos en el control de insectos primarios de almacen y determinar la calidad del grano y pérdida de materia seca ocasionada por insectos.

#### REVISION DE LITERATURA

La Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1978), en su informe anual considera que las plagas son la principal causa de las pérdidas y los sistemas técnicos actuales de almacenamiento exigen que el control de esas plagas se basen en gran parte en el uso de insecticidas químicos.

Ramírez Genel (1981), considera que los insectos que dañan los granos almacenados pueden clasificarse como primarios y secundarios, desde el punto de vista físico por el daño que causan a los granos o semillas en almacén. Entre los insectos primarios incluye a todos aquellos que son capaces de romper la semilla para llegar al endospermo del cual se alimentan.

El gorgojo de los cereales (*Sitophilus* spp), insecto descrito en 1763 según Metcalf y Flint (1982), es cosmopolita y una de las plagas más severas que atacan los cereales almacenados. Se encuentra distribuido en áreas tropicales y semi tropicales del mundo; el adulto tiene una longitud entre 4 mm. de color café oscuro casi negro, de cuerpo cilíndrico y cabeza prolongada en probosis delgada que lleva un par de mandíbulas, causa infestación en el campo antes de ser cosechados los granos.

La FAO define que en la lucha contra los insectos que consumen los productos almacenados se utilizan dos tipos de productos químicos: los insecticidas de contacto y los tóxicos respiratorios o fumigantes.

Los insecticidas de contacto son plaguicidas que atraviesan la cutícula del insecto penetrando en los tejidos de su organismo. Los fumigantes son gases que entran al cuerpo del insecto por vía respiratoria; los

insecticidas de contacto confieren una protección duradera, pero tienden a ser específicos en su acción sobre los insectos y generan mayor resistencia que los tóxicos respiratorios.

En la mayoría de los casos el uso de insecticidas es el único método seguro para prevenir las pérdidas o daños que suelen producirse cuando no se adoptan medidas adecuadas de protección. El empleo de insecticidas está muy definido y generalmente es en las zonas de clima cálido donde mas intensamente se usan estos productos, Vs. National of Sciences (1980).

El Pirimiphos metil es un insecticida organofosforado y se encuentra en polvo al 2% y E.C. al 57%, con un uso oral en ratas de 2.080 mg/kg, no es excitante, sensibilizador, bratogénico no canceroso y acciona por contacto, ingestión y fumigante, puede aplicarse directamente a los granos, debido a su baja toxicidad y su falta de persistencia en el ambiente.

La fosfamina, fosfina o fósforo de aluminio es un insecticida fumigante, gas venenoso para mamíferos en los cuales tiene efecto acumulativo. Una concentración de 2.8 mg/l (2000 ppm en aire) es letal para el hombre en corto tiempo, se presenta en píldoras y tabletas.

Entre los productos biológicos se tiene el neen con un  $DL_{50}$  mayor de 7000 mg/kg en aves, no es alergizante; mutagénico ni produce

irritación ocular, no afecta la germinación de las semillas, se presenta en hojas y semilla, el ingrediente activo es Nimbidine y azadirachtia y actua por ingestión y repelente.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se está realizando en el Laboratorio de Control de Calidad del Departamento de Parasitología Vegetal del Centro de Tecnología Agrícola km 33.1/2 carretera a Santa Ana.

El ensayo consiste en evaluar la efectividad de los insecticidas comerciales específicos para almacenamiento (pirimiphos metil y fosfina) y otros de origen vegetal como cebolla y neen contra el ataque de insectos de almacén, los que se están comparando con un testigo absoluto.

El maíz a utilizar fue seleccionado y luego esterilizado en una estufa de convección forzada a una temperatura de 70°C por un tiempo de 2 horas eliminando así toda infestación oculta.

El maíz sano y limpio se subdividió y pesó en cada uno de los tratamientos, colocándolo en frascos plásticos de una capacidad aproximada de 10 lb. En este momento, se les efectuó el muestreo inicial, evaluando el daño por insecto, número de insectos vivos y muertos y el número de granos picados.

La aplicación de insecticidas se efectuó de la siguiente manera:

- T1** Pirimiphos metil 2% polvo se colocó el maíz en una bolsa plástica y se homogenizó el grano con el químico y se almacenó en el frasco plástico.
- T2** Fosfina se fraccionó una pastilla de photoxin en 12 partes para obtener la dosis de 0.05 g y se colocaron en cada una de las repeticiones.
- T3** Se pesaron 10 g de harina de neem y se mezcló con el grano en cada tratamiento.
- T4** Se pesaron 10 g de hoja de cebolla y se mezcla con el grano.

La infestación se efectuó con 25 parejas de Sitophilus spp por cada tratamiento, los cuales fueron sexados previamente para garantizar la proliferación de los insectos, a la fecha se han efectuado tres muestreos de cinco programados a cuyas muestras se les determinó el número de insectos vivos y muertos, daño causado por insectos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El ensayo se montó en la última semana del mes de agosto efectuando a la fecha 3 muestreos de 5 programados con los resultados siguientes:

Como podemos observar en el Cuadro 1 el testigo absoluto incrementó su daño en un periodo de 157 días en un rango de 0.0% hasta un 32.83%, encontrando a T1 y T2 con mejor protección al grano en los primeros 75 días, incrementándose el daño en el T2 a los 157 días evaluado.

Los productos biológicos evaluados ejercen algún control en los insectos ya que el daño total es inferior al testigo absoluto en un orden aproximado del 50%.

## CONCLUSIONES

El pirimiphos metil ha efectuado un mejor control de insectos que el fumigante y los productos biológicos.

El fósforo de aluminio pierde efectividad luego de los 75 días de almacenamiento.

En los primeros 30 días de almacenamiento no se encuentra diferencia significativa en los diferentes tratamientos.

El neem y la harina de cebolla controlan en cierta medida el daño por Sitophilus spp.

## BIBLIOGRAFIA

- CASTILLO NIÑO A. 1978.** Almacenamiento de granos en Colombia y América Tropical, Bogotá, Colombia. AGROSINTESIS P 143-153.



**INSTITUTO TECNICO DE  
CAPACITACION Y PRODUCTIVIDAD.  
GUATEMALA. 1978. Sistemas  
para el almacenamiento y  
secamiento de granos y  
semillas GUATEMALA. Pág. 4.**

**METCALF, C.L. Y FLINT, W.P.  
1982. Insectos destructivos  
e insectos útiles, México  
D.F. CONTINENTAL pp 1046-  
1048.**

**ORGANIZACION DE LAS NACIONES  
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y  
LA ALIMENTACION, 1971.  
Manipulación y Almacenamiento  
de Granos Alimenticios en  
zonas tropicales y sub-  
tropicales, Roma, Italia p-65**

**ORGANIZACION DE LAS NACIONES  
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y  
LA ALIMENTACION, 1978.  
Susceptibilidad de los  
insecticidas de las plagas de  
los granos almacenados, Roma,  
Italia pp 5-20.**

**RAMIREZ GENEL, M. 1981.  
Almacenamiento y Conservación  
de Granos y Semillas, México  
D.F., Continental pp 10-20.**

**US. NATIONAL OF SCIENCES,  
1980. Manejo y Control de  
Plagas de Insectos, México  
D.F., Limusa U-3 pp 381-391.**

CUADRO 1. DAÑO CAUSADO POR INSECTOS A MUESTRAS DE MAIZ CON DIFERENTES TRATAMIENTOS PARA SU CONTROL

TRATAMIENTO	% DAÑO/INSECTO				No. DE GRANOS PICADOS/100 gr.			
	INICIAL	30 DIAS	75 DIAS	157 DIAS	INICIAL	30 DIAS	75 DIAS	157 DIAS
T0 Testigo	0	3.05	15.32	32.83	0	14	74.0	133.0
T1 Pirimiphos	0	2.20	2.35	3.345	0	11	0.9	17.0
T2 Fósforo	0	2.70	2.72	9.43	0	12	13.0	47.0
T3 Neem	0	2.35	4.20	13.67	0	13	21.0	65.0
T4 Cebolla	0	4.20	6.38	15.95	0	22	29.0	76.5

**RESPUESTA DE LA MALEZA GALLITO (Xanthosoma hoffmannii Schott)  
(Arales: araceae) A CIERTAS PRACTICAS DE MANEJO**

**J. R. Martínez M. <sup>1</sup>; H. D. Santos <sup>2</sup>.**

**RESUMEN**

Durante los últimos años en el Valle del Río Guayape, Honduras, una maleza conocida como gallito (Xanthosoma hoffmannii) ha alcanzado poblaciones que le han hecho merecer la atención de técnicos y agricultores.

Con el objeto de estudiar aspectos de la biología de la especie se realizaron trabajos a nivel de invernadero durante los meses de febrero a junio de 1990 en la Escuela Nacional de Agricultura ubicada en Catacamas, Olancho. Dichos trabajos incluyeron el estudio de la respuesta del gallito a ciertas prácticas de manejo como son la limpia con machete y la exposición de sus propágulos (cormos) a la radiación solar.

La limpia con machete mediante cortes repetidos y periódicos de la fase aérea de la planta, muestra que después de cinco cortes, esta maleza es capaz de rebrotar y permanecer activa, por lo que las chapeas que realizan los productores no ejercen un control efectivo de la especie, aunque si son eficaces

para reducir la interferencia al cultivo.

La exposición de los cormos al sol mostró la resistencia de estas estructuras vegetativas a la deshidratación ya que aún después de 27 y 30 días de exposición, su viabilidad únicamente en un 10%.

**INTRODUCCION**

Las plagas son uno de los factores limitantes en el logro de mayores producciones. Dentro de ellas las malezas constituyen un grupo muy importante, a tal grado que durante los últimos años la importación de herbicidas en Honduras ocupó el segundo lugar entre los plaguicidas.

El Valle del Río Guayape es la principal zona productiva de granos básicos del departamento de Olancho y posiblemente la más importante de Honduras, supliendo en un alto porcentaje las necesidades de granos básicos de los principales centros poblacionales del país como Tegucigalpa, San Pedro Sula y la zona sur.

---

<sup>1</sup> Ing. Agr. M.Sc. Catedrático de Malezas, Escuela Nacional de Agricultura.

<sup>2</sup> Agr. Departamento Agronomía, E.N.A.

Durante los últimos cinco años en este Valle, una especie conocida como gallito (Xanthosoma hoffmanni Schott) ha alcanzado el estatus de maleza la cual se encuentra ampliamente diseminada en dicha zona y técnicos y productores la califican de problemática, ya que escapa a los controles utilizados actualmente.

En el manejo de cualquier plaga, el conocimiento de su biología es muy importante y dentro de ésta el estudio de la respuesta a las prácticas de control es básico, ya que nos conduce a generar planes de manejo más estables con aplicación a corto plazo.

La presente investigación se planteó como objetivos:

- a. Conocer la respuesta de la maleza gallito a la limpia con machete mediante cortes repetidos y periódicos de su fase aérea.
- b. Estudiar el efecto indirecto de la labranza al exponer a la superficie del suelo a los propágulos de la especie, mediante la exposición a la radiación solar de sus estructuras reproductivas (cormos).

La investigación se llevó a cabo durante el período febrero-junio de 1990 a nivel de invernadero en la Escuela Nacional de Agricultura ubicada en Catacamas,

Olancho, Honduras.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó a nivel de invernadero en la Escuela Nacional de Agricultura (ENA) dependiente de la Secretaría de Recursos Naturales, ubicada en el Valle Guayape a 442 msnm a seis km al este de la ciudad de Catacamas, presentando promedios anuales de precipitación, temperatura y humedad relativa de 1450 mm, 26°C y 78%, respectivamente.

Durante la primera quincena de diciembre de 1989, se recolectó la semilla (cormos) que se utilizaría en los ensayos, los cuales se realizaron en lotes de producción ubicados en el municipio de San Francisco de Becerra, por ser la zona donde el problema de la maleza es mayor. El material colectado se guardó bajo techo hasta la instalación de los trabajos.

### Resaltar al control manual-mecánico (limpia con machete)

En este ensayo se realizaron cortes repetidos de la parte aérea y se estudiaba de esta manera el posible agotamiento del contenido de carbohidratos en los propágulos de la especie.

Los tratamientos se seleccionaron con base en la disponibilidad de los cormos, estratificándose por pero en tres clases (Cuadro 1).

Una vez seleccionados los cormos en una balanza de

precisión se pusieron a germinar, colocando un cormo por macetero cuyas medidas eran 22 x 22 x 15 cm de diámetro superior, altura y diámetro inferior, conteniendo 7 kg de suelo.

A los 47 DDS, fecha en que había germinado el 100% de los propágulos se procedió a realizar el primer corte de la parte aérea, repitiéndolo cada 15 días hasta completar un total de cinco cortes.

El producto de los cortes se colocaban en bolsas de papel para su secado en hornos, luego se pesaban y los pesos se tomaron como base para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el agotamiento de reservas de los propágulos de la maleza.

El diseño estadístico utilizado fue el de bloques completamente al azar (BCA). El ensayo tenía tres repeticiones (bloques) con tres tratamientos y 10 maceteros por cada unidad experimental. Para efecto de análisis se utilizó el diseño de parcelas divididas, tomando los tamaños de cormo como parcela grande y los cortes como parcela chica. Evaluándose diferencias entre tratamientos por corte y a través del tiempo. Además, mediante contrastes ortogonales se separaron los factores en lineal y cuadrático para determinar diferencias entre los tamaños de propágulos.

## Efecto de la exposición al sol de los propágulos de la maleza

Este trabajo consistió en exponer a la radiación solar los cormos del gallito para conocer el efecto del asoleado en la viabilidad de estas estructuras reproductivas y sobre el crecimiento de los brotes.

Se seleccionaron 110 cormos, o sea 10 por tratamiento, de manera que tuvieron tamaños y pesos homogéneos. Luego de someterlos a diferentes días de exposición al sol Cuadro 2, los cormos se sembraron en maceteros iguales a los usados en el ensayo de agotamientos de reservas, manteniéndose con humedad para así observar la germinación y el desarrollo de la plantas.

La viabilidad se determinó a los 53 dds, considerando viable el bulbo que mostraba un brote mayor de 1 cm de altura. Al momento de la cosecha, 86 dds, se evaluaron otras características como altura de la planta, número de hojas y número de brotes.

En la cosecha de las plantas se separó la parte aérea y subterránea, luego del secado se tomaron los datos de peso seco.

El diseño utilizado fue el completamente al azar (DCA). Por tratarse de tratamientos cuantitativos y

equiespaciados se realizaron análisis de regresión y correlación para determinar diferencia entre tratamientos, comportamiento lineal de los datos y posible relación entre variables evaluadas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Con el propósito de analizar la eficacia de las labores corrientes en la zona como prácticas de control de la maleza gallito, se realizaron algunas investigaciones al respecto.

En vista que la práctica más utilizada por los productores en el manejo de esta maleza lo es la limpia con machete, su efecto fue entonces evaluando mediante un ensayo de agotamiento de reservas, que consistió como se indicó antes en el corte repetido y periódico de la fase aérea de la planta determinándose para cada corte su peso seco.

Los resultados pueden verse en la FIG. 1 y los análisis estadísticos correspondientes en el Anexo 1.

El análisis del Anexo 1 nos revela que no existen diferencias significativas para tratamientos, sin embargo nos detecta diferencia en la interacción tratamiento x cortes. Esto implica que los cormos responden de diferente manera en los cortes según su tamaño, lo cual se observa en la Figura.1.

La diferencia no significativa entre tratamientos se puede deber a que en los tres tamaños de cormo existe suficiente reserva de energía para alimentar varias brotaciones con un vigor de crecimiento similar. Por otro lado, se apreció que los cormos de mayor peso producen brotes con mayor biomasa.

Un aspecto que se destaca es que los brotes de los cormos de menor peso tuvieron una pérdida de vigor más acelerada que la de los grandes a medida que aumentaba el número de los cortes, de allí la significancia para la interacción tratamiento por corte. Esto se confirma en el Anexo 2, cuyo análisis nos dice que la naturaleza de las líneas obtenidas a través de los cortes son diferentes para los tratamientos.

Sin embargo, sobresale como el primer corte no afecta la capacidad de rebrote para ninguno de los tratamientos e inclusive la producción de materia seca se aumentó (Figura 1). Aún después del segundo corte los tratamientos de mayor peso continuaron aumentando su biomasa y es hasta después del tercer corte que comienzan a declinar.

Finalmente como se puede apreciar el gallito fue capaz de rebrotar casi normalmente como para permanecer activo después de cinco cortes lo que significa que las chapias que realizan los agricultores no son suficientes para agotar significativamente las

reservas nutricionales de los cormos de la maleza. Pero pueden ser eficaces para reducir su interferencia a los cultivos.

El segundo de los trabajos tiene que ver con el efecto indirecto de las prácticas de labranza sobre la viabilidad de los cormos de la maleza. Por observaciones e investigaciones hechas con otras especies, se sabe que las estructuras vegetativas que quedan sobre la superficie del suelo después de las labores de preparación del terreno, pueden perder su viabilidad por desecación.

Para conocer el efecto de la radiación solar sobre los cormos se expusieron estos al sol, evaluando su respuesta cada tres días hasta completar un mes, teniendo además un tratamiento central sin exposición. Dicha respuesta se tomó sobre componentes del crecimiento de la maleza: días a emergencia, número de brotes, altura de planta y número de hojas.

El porcentaje de germinación no presentó diferencias significativas para tratamientos, observándose un comportamiento de respuesta cuadrático a través del tiempo, Anexo 3.

Al observar la Figura 2 notamos que aquellos cormos que no recibieron el tratamiento del sol o únicamente recibieron tres días, presentaron una germinación del 80.0%, para luego alcanzar un

máximo de germinación en los tratamientos de seis hasta veinticuatro días de exposición. El porcentaje de germinación disminuyó otra vez en aquellos tratamientos con más de 24 días de asoleado. No se logró establecer si este efecto negativo del sol continúa aumentando después de los 30 días, tiempo máximo en la presente investigación. Pero se puede indicar que bajo condiciones de campo en el Valle, los cormos pueden estar a exposición solar en la superficie del suelo hasta por tres meses.

Los cormos bajo cero y tres días de exposición alcanzaron el 100.0% de germinación varios días después de haberse evaluado esta variable, no así los tratamientos 27 y 30 días de exposición en los cuales la ausencia de germinación se debió al deterioro de los cormos, los cuales a esas fechas se observaron rugosos y deshidratados. Lo anterior podría interpretarse como que son necesarios ciertos días de exposición al sol para lograr de alguna manera promover la germinación de los cormos. Sin embargo, si esta exposición se extiende por más de tres semanas, ya se empieza a denotar daño en el potencial germinativo de las yemas. Lo sobresaliente es la gran resistencia que las yemas de estos cormos tienen a la desecación comparado con los propágulos de otras especies como el Cyperus rotundus, sorgo alepo y otros.

Las variables número de brotes y número de hojas no mostraron significancia para tratamientos Anexos 4 y 5, no así la altura de plantas y la biomasa las que presentan diferencias altamente significativas (Anexos 6 y 7). Presentando estas últimas una relación altamente significativa, con el coeficiente de correlación de 0.74. Esto se explica porque aquellos tratamientos que estimularon la pronta germinación de las yemas de los cormos, tuvieron más tiempo de crecimiento, logrando de esta manera acumular mayor materia seca (Figura 3).

Por otra parte, puede observarse que los valores más bajos de altura y biomasa ocurren con los tratamientos iniciales, que como explicamos mostraron una germinación más lenta.

### CONCLUSIONES

El corte repetido y periódico de los brotes del cormo muestra que aún después de cinco cortes, esta maleza es capaz de rebrotar y permanecer activa. Por eso las chapeas que realizan los agricultores no ejercen un control efectivo de la especie, aunque si son eficaces para reducir la interferencia al cultivo.

La exposición de los cormos al sol mostró su resistencia a la deshidratación ya que aún después de 27 y 30 días de exposición su viabilidad decreció únicamente en un 10%

### BIBLIOGRAFIA

ANDREWS, K.L.; QUEZADA, J.R.; KING, A.B.S. 1989. La importancia de conocimientos bioecológicos para el manejo de plagas. In Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura; estado actual y futuro. Eds. K.L. Andrews; J.R. Quezada. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. p 41-73.

\_\_\_\_\_. 1989. Introducción a los conceptos del manejo integrado de plagas. In Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura; estado actual y futuro. Eds. K.L. Andrews; J.R. Quezada. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. p. 3-28.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1988. El coquito (Cyperus rotundus, L.): biología, manejo y control; guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Cali, Col., CIAT 71 p.

DAWSON, J. H. 1983. Control de (Cynodom dactylon. In Panel de expertos; ecología y control de malezas perennes. Santiago, Chile, Ponfιλicia Universidad Católica de Chile/FAO. p. 57-67

DE LA CRUZ, R. 1986. Técnicas de investigación en malezas. In Seminario Taller de Malezas (1985, Panamá). (Informe) Eds. J. Pinochet; G. Von Lindeman. Turrialba, C.R., CATIE. p.18-26



- \_\_\_\_\_. 1987. Importancia del estudio biológico de las malezas. In Seminario Taller Ciencia de las Malezas (1986, Guatemala). (Informe). Ed. M.R., Pareha. Turrialba, C.R. CATIE. p.69-86
- \_\_\_\_\_. 1988. Las malezas en el contexto del manejo integrado de plagas en áreas tropicales. In Seminario Manejo Integrado de Plagas. (1986, San José, C.R.) Memorias ED. R. Lastra; R. Meneses. Turrialba, C.R., CATIE p.89-103.
- DOLL, J.D. 1985. La situación de la ciencia de la maleza y el control de malezas en América Latina. In Mejoramiento del Control de Malezas. FAO. Producción y protección vegetal no.44 p.115-124.
- \_\_\_\_\_. 1986. Principios de Control de malezas en cultivos de clima cálido. In Manejo y control de malezas en el trópico. Ed. J. Doll. Cali, Col., CIAT. p.1-19
- FRYER, J.D. 1985. La función de la investigación en el control de malezas en los países en desarrollo. In Mejoramiento del control de malezas. FAO. Producción y protección vegetal. no.44 p.171-195.
- HOLZNER, W.; GLAUNINGER, J. 1985. Cambios en las malezas. In Mejoramiento del control de malezas. FAO. Producción y protección vegetal no.44 p.260-264.
- KIGEL, J.; KOLLER, D. 1984. Asexual reproduction of weeds. In Weed physiology. v.1: Reproduction and ecophysiology Ed. S.O. Duke. EEUU' CRC Press. p. 66-91.
- KING. J.L. 1966. Weeds of the world; biology and control. New York, Interscience. 526 p.
- KOGAN, M. 1983. Ecofisiología y control de Convolvulus arvensis L. In Panel de expertos; ecología y control de malezas perennes. Santiago. Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile/FAO. p.139-176.
- MITIDIERI, A. 1983. El sorgo de alepo, importancia, biología y aspectos básicos para su control. In Panel de expertos; ecología y control de malezas perennes. Santiago. Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile/FAO. p. 1-43
- MONTERROSO, D.; BUSTAMANTE, M. R. 1986. Aspectos generales de desarrollo agrícola y principales problemas fitosanitarios de los cultivos en la República de Honduras; a nivel de reconocimiento. Turrialba, C.R., CATIE. 61p.
- NAVIA, D.; VENEGAS, F.; ORDENANA, O. 1986. Características fitogeográficas y reproductivas del camacho Xanthosoma spp y su control. In Panel de expertos; ecología y control de malezas perennes. Santiago. Chile,

Pontificia Universidad  
Católica de Chile/FAO. p.  
329-334.

**PAREJA, M.R. 1986.** Biología  
y ecología de malezas con  
base para el desarrollo de  
programas de manejo integrado  
de malezas (MIN). In  
Seminario Taller de Malezas  
(1985, Panamá).(informe).  
Eds. J. Pinochet; G. Von  
Lindeman. Turrialba, C.R.  
CATIE. p.18-26

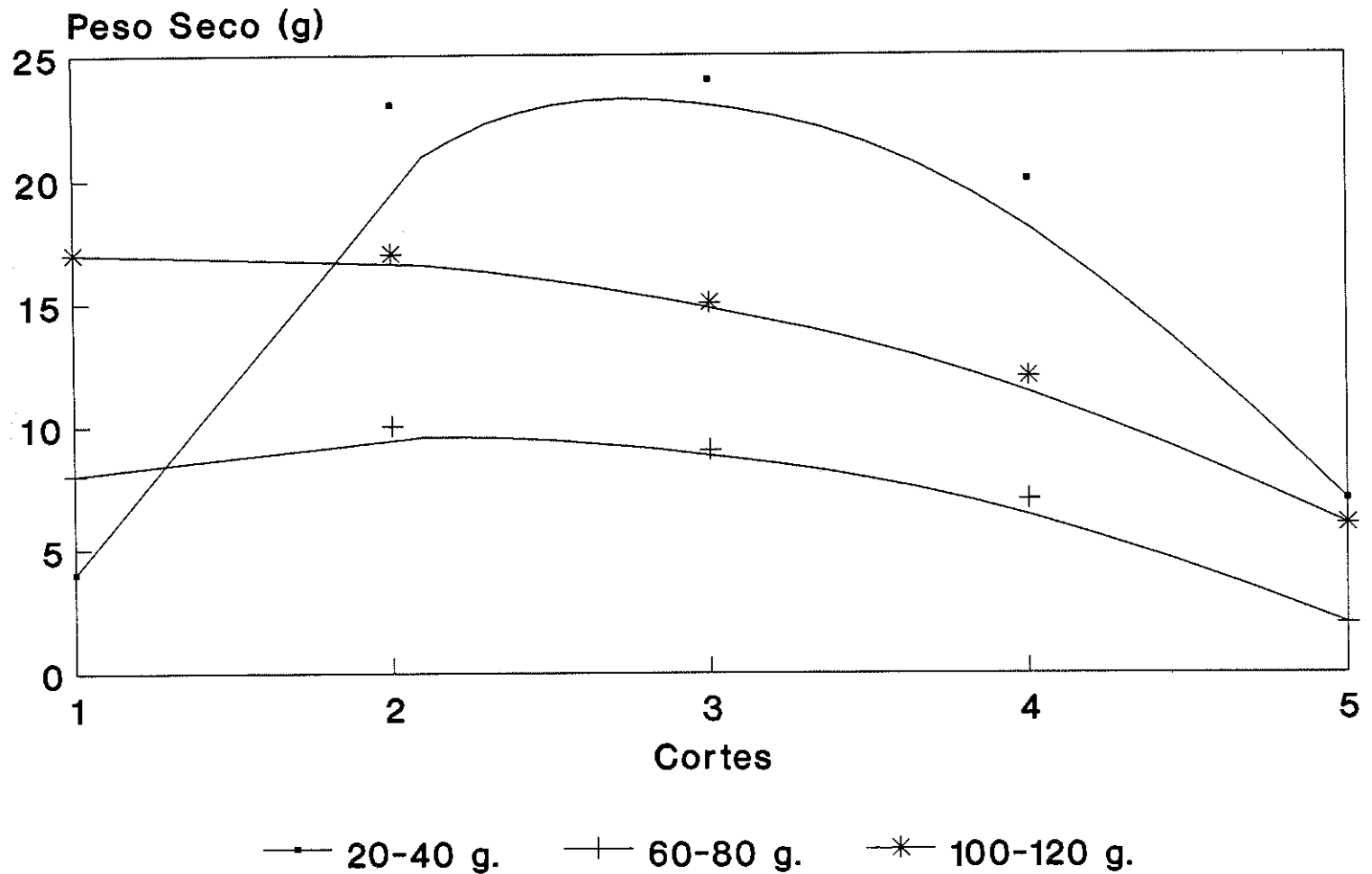
CUADRO 1. DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS DEL ENSAYO SOBRE AGOTAMIENTO DE RESERVAS

Tratamiento	Simbolo	Peso de los cormos (g)
1	AR1	20-40
2	AR2	60-80
3	AR3	100-120.

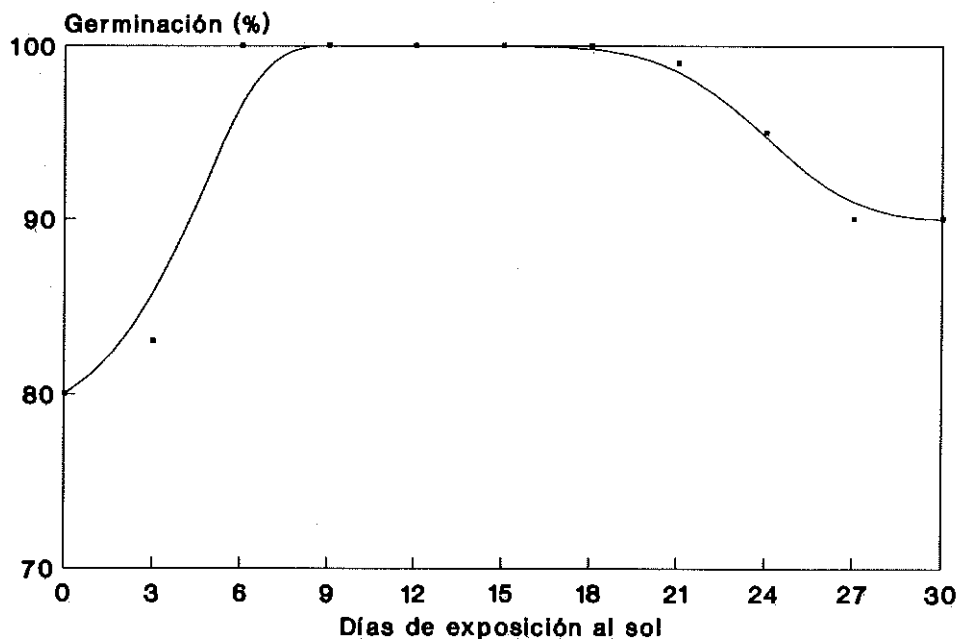
CUADRO 2. DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS DEL ENSAYO SOBRE EXPOSICION DE CORMOS AL SOL

Tratamientos	01	02	03	04	05	06	07	08	09	010	011
Días de exposición	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Fecha de siembra	4/3	7/3	10/3	13/3	16/3	19/3	22/3	25/3	28/3	31/3	3/4
Lectura germinación	26/4	29/4	2/5	5/5	8/5	11/5	14/5	17/5	20/5	23/5	26/5
Fecha cosecha	29/5	1/6	4/6	7/6	10/6	13/6	16/6	19/6	22/6	25/6	28/6

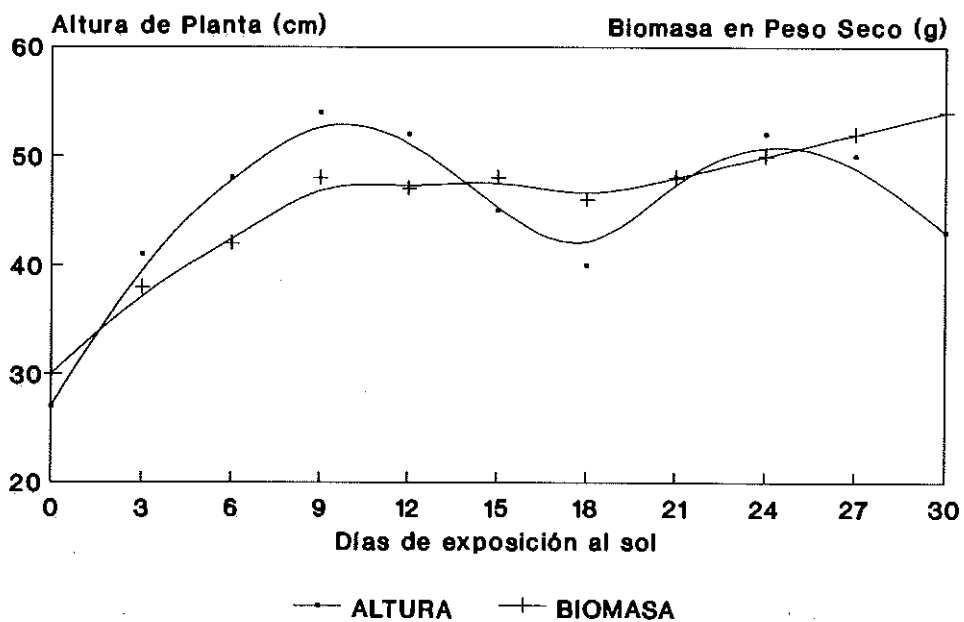
FIG.1.EFECTO DE CORTES REPETIDOS EN LA PRODUCCION DE MATERIA SECA DE LOS BROTES DE *X. hoffmannii* PROVENIENTES DE CORMOS DE TRES TAMAÑOS



**FIG. 2. EFECTO DE LA EXPOSICION AL SOL SOBRE LA VIABILIDAD DE CORMOS DE *X. hoffmannii***



**FIG. 3 EFECTO DE LA EXPOSICION AL SOL DE CORMOS DE *X. hoffmannii* EN LA ALTURA DE PLANTA Y BIOMASA DE SU PARTE AEREA**



ANEXO 1. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA BIOMASA DE CORTES REPETIDOS DE LA PARTE AEREA EN PLANTAS DE GALLITO (*X. hoffmannii*), PROVENIENTES DE TRES TAMAÑOS DE CORMOS.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios	F	Pr > F
Bloques	2	0.77	0.01	0.9933
Tratamientos	2	236.44	2.08	0.2408
Error A	4	-	-	-
Cortes	4	284.93	12.88	0.001 **
Trat. x cortes	8	63.14	2.85	0.022 †
Error B	24			

C.V. = 39.44%

† = significancia ( $p < 0.05$ )

\*\* = significancia ( $p < 0.05$ )

ANEXO 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS POLINOMIOS ORTOGONALES DE LOS CORTES DE LOS BROTES PROVENIENTES DE TRES TAMAÑOS DE CORMOS DE GALLITO *Xanthosoma hoffmanni*

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios	F	Pr > F
Tratamientos	2	236.44	2.08	0.2408
Error A	4	113.90	-	-
X1tra (lineal)	2	53.74	2.73	0.0816
X2tra (cuadra)	2	174.50	8.86	0.0009 **
Error B	30	19.50	-	-

C.V. = 37.22%

\*\* = significancia ( $p < 0.01$ )

ANEXO 3. ANALISIS DE REGRESION PARA EL EFECTO DE LA EXPOSICION AL SOL SOBRE LA GERMINACION DE CORMOS DE *X. hoffmannii*.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios	F	Pr > F
Tratamientos	10	0.067	1.33	0.2241
Contrastes				
Lineal	1	0.074	1.46	0.2301
Cuadrático	1	0.224	4.44	0.0376 †
Cúbico	1	0.013	0.27	0.6073
Error	99	0.051	-	-

C.V. = 23.77%

† = significancia ( $p < 0.05$ )

ANEXO 4. ANALISIS DE REGRESION PARA EL EFECTO DE LA EXPOSICION AL SOL SOBRE EL NUMERO DE BROTES EN CORMOS DE *X. hoffmannii*.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios	F	Pr > F
Tratamientos	10	2.15	0.96	0.4810
Contrastes				
Lineal	1	0.001	0.00	0.9839
Cuadrático	1	0.073	0.03	0.8566
Cúbico	1	1.469	0.66	0.4192
Error	99	2.23	-	-

C.V. = 69.33%

ANEXO 5. ANALISIS DE REGRESION PARA EL EFECTO DE LA EXPOSICION AL SOL SOBRE EL NUMERO DE HOJAS EN CORMOS DE *X. hoffmannii*.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios	F	Pr > F
Tratamientos	10	33.49	1.87	0.0579
Contrastes				
Lineal	1	154.31	8.63	0.0041 †
Cuadrático	1	30.67	1.72	0.1933
Cúbico	1	72.78	4.07	0.0463 †
Error	99	2.23	-	-

C.V. = 76.00%

† = significancia estadística ( $p < 0.05$ )

ANEXO 6. ANALISIS DE REGRESION PARA EL EFECTO DE LA EXPOSICION AL SOL SOBRE LA ALTURA DE LA PLANTA EN CORMOS X. hoffmannii.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios	F	Pr > F
Tratamientos	10	988.73	4.17	0.0001 **
Contrastes				
Lineal	1	901.83	3.81	0.0539
Cuadrático	1	1454.35	6.14	0.0149 †
Cúbico	1	597.06	2.52	0.1156
Error	99	236.92	-	-

C.V. = 34.80%

† = significancia estadísticas (p < 0.05)

\*\* = significancia estadísticas (p < 0.01)

ANEXO 7. ANALISIS DE REGRESION PARA EL EFECTO DE LA EXPOSICION AL SOL SOBRE LA BIOMASA DE LA PARTE AEREA EN CORMOS DE X. hoffmannii.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios	F	Pr > F
Tratamientos	10	127.08	3.40	0.0007 **
Contrastes				
Lineal	1	885.23	23.67	0.0001 **
Cuadrático	1	168.39	4.50	0.0363 †
Cúbico	1	107.88	2.89	0.0925
Error	99	37.39	-	-

C.V. = 48.31%

† = significancia estadísticas (p < 0.05)

\*\* = significancia estadísticas (p < 0.01)



## PROTECCION VEGETAL. Uso de Pesticidas

### EFFECTO DEL CONTROL QUIMICO EN EL COMBATE DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE MAIZ Zea mays L.

J. C. Ruíz <sup>1</sup>; M. A. Acosta <sup>2</sup>

#### INTRODUCCION

En las décadas de los años 70 y 80, en el país se observó un incremento en el consumo de maíz, debido a la expansión de la industria avícola y porcina. Teniendo en cuenta los problemas de rentabilidad y mercado, se presentó la necesidad de generar técnicas para incrementar los ingresos del productor a un nivel de gastos de acuerdo a su condición socioeconómica.

Dentro de los problemas de rentabilidad del cultivo de maíz se destacan las malezas, que ocasionan pérdidas considerables de no combatirse oportunamente. Tanto es así, que estudios efectuados en Alanje, Chiriquí, se encontró una merma en el rendimiento de un 50% cuando las parcelas de maíz mantienen todo su ciclo completamente enmalezado Ruíz (1988). Otros efectos además de la merma del rendimiento de maíz ocasionadas por las malezas son: el acame y vaneamiento de la mazorca si

este ocurre durante los primeros 70 días; parámetros muy relacionados con la producción.

Aún cuando existen en el mercado un sinnúmero de herbicidas capaces de reducir las malezas presentes en el cultivo de maíz, los rendimientos promedios de producción no superan los 50 quintales por hectárea Ruíz (1988). Este rendimiento bajo es atribuible entre algunas causas al desconocimiento de las especificaciones precisas sobre tipo de suelo y contenido de M.O. especies de malezas existentes en el lote, forma, dosis y época de aplicación de los herbicidas y la selectividad. También cabe agregar el aspecto socioeconómico que necesariamente está asociado con el empleo de estos herbicidas.

La presente investigación se realizó en Alanje, Panamá, con el objeto de evaluar el control de malezas

---

<sup>1</sup> Agr., Sub Centro de Alanje. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

<sup>2</sup> Ing. Agr., M.Sc. Especialista en Agronomía. Sub Centro de Santa Fé, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

con herbicidas aplicados en pre y post-emergencia temprana en el cultivo de maíz y su efecto en el rendimiento.

#### REVISION DE LITERATURA

La estimación más aproximada que se tiene sobre las pérdidas en los rendimientos ocasionadas por las malezas en los principales cultivos de Colombia, se ha tomado de estudios realizados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) durante doce años de experimentación. En promedio, en el porcentaje de pérdidas en el rendimiento del maíz fue de 46.6% y un rango de pérdida de 10-84%, Doll y Gomez (1989).

También se comparó la eficacia del control químico en contraposición al control mecánico donde hubo un aumento en el rendimiento al controlar químicamente las malezas de 21%. El hecho de que se hayan obtenido mayores rendimientos con el uso de herbicidas que con los sistemas mecánicos se debe posiblemente a dos aspectos: uno, aún cuando la primera desyerba se haga a tiempo, las malezas ya han competido con el cultivo; el otro, son los daños físicos que pueden ocasionarse al cultivo al controlar mecánicamente las malezas, lo cual puede evitarse mediante el uso de herbicidas, Doll y Gomez (1989).

Malezas como el coquito (Cyperus rotundus), la mansuri (Rottboellia

cochinchinensis) y la hierba de gallina (Cynodon dactylon) entre gramíneas y ciperáceas, son ejemplos de malezas que limitan la siembra de maíz en terrenos completamente infectados, a tal punto que en ocasiones hay que abandonar las áreas de cultivos, Ruíz y Acosta (1990).

En el caso normal de que el complejo de malezas de una parcela está compuesta de diversas especies, la época crítica de competencia en el cultivo de maíz comprende el primer mes después de la emergencia y puede extenderse hasta los 40 días (Espinoza, 1970; Jurgens, 1975; Rojas, 1980; De La Cruz, 1989; Doll y Gómez, 1989).

En Panamá se han evaluado una serie de herbicidas, destacándose en primer lugar la atrazina (Gesaprim), utilizado preferiblemente en preemergencia para destruir las malezas ya sea en la fase de emergencia o de plántula. Este herbicida posee un amplio campo de acción, contra malezas de hoja ancha y gramíneas. Le sigue el pendimetalin (Prowl), que además de controlar las malezas a nivel de semilla, su efecto residual impide su establecimiento. Controla gramíneas y algunas malezas de hojas ancha tales como: Amaranthus sp (bledo) y Portulaca oleracea (verdo-laga); además de reducir la población y vigor de otras (Espinoza, 1970; Jurgens, 1975; Alvarado, 1983; Araúz y Martínez, 1983; Ruíz y Acosta (1990).

## MATERIALES Y METODOS

### Información general de la zona de estudio

Para desarrollar esta investigación se seleccionaron tres fincas, ubicadas en las comunidades maiceras de Corozal, Guarumal y Los Angeles de Sioguí, sobre la llanura costera del Pacífico Norte de la provincia de Chiriquí, República de Panamá. La zona en su extensión está localizada entre los 8°15' y 8°32' de latitud Norte y 82°25' y 82°43' de longitud Oeste (Contraloría General de la República, 1987); con altitudes que varían entre 10 y 100 msnm, IRHE (1989). Esta investigación se inició en la primera semana de julio y terminó en la primera semana de noviembre aproximadamente.

La precipitación pluvial, temperatura máxima, mínima y la humedad relativa durante el período que duró la investigación (cinco meses aproximadamente) fue de 1271.7 mm, 31°C y 21°C y 86.8% respectivamente IRHE (1989). Holdridge (1987), ubica estas localidades dentro de la zona de vida "Bosque Húmedo Tropical".

Los suelos pertenecen al Orden Inceptisol, de la familia Medial, Isohyperthermic. Oxic, dystrandep, de textura franco arenosa Jaramillo y colaboradores (1985). Las características químicas y físicas de los suelos para cada una de las localidades donde se estable-

cieron los experimentos se describen en el Cuadro 1 (IDIAP, 1989).

### Manejo del experimento

La preparación del terreno se realizó dos semanas antes de la siembra y consistió en la aplicación de 1.44 kg i.a./ha de glifosato. La siembra se llevó a cabo en forma manual "a chuzo", y para ello se utilizó la variedad de maíz Alanje 1.

Los tratamientos se establecieron en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se incluyeron 13 tratamientos desglosados de la siguiente manera: once tratamientos con herbicidas, una desyerba manual y un testigo enmalezado; detallados en el Cuadro 2. La unidad experimental consistió en cuatro surcos de cinco metros de largo separados a 0.80 metros entre sí y 0.20 m entre planta, obteniéndose con este arreglo espacial una población teórica de 62,500 plantas por hectárea. La parcela tuvo un área de 16m<sup>2</sup> (3.20 x 5.00 m) y 6.40m<sup>2</sup> (1.60 x 4.00 m) de área efectiva. Los tratamientos con herbicidas se aplicaron con bomba de mochila CP-3 previamente calibrada utilizando el equivalente de 400 litros de agua por hectárea.

Se abona la siembra con 130 kg/ha de fertilizante fórmula completa 12-24-12. Junto al fertilizante se aplicó el insecticida Terbufos (Counter) a dosis de 2 kg i.a./ha, para reducir

las pérdidas de plantas por ataque de insectos del suelo. A los 30 días después de la emergencia se incorporó 80 kg de N/ha (urea 46% N), a un lado de la planta de maíz.

Los insectos del follaje (gusano cogollero y otros) se mantuvieron a un nivel de daño economicamente aceptable, a través de una aplicación del insecticida deltametrina a dosis de 60g i.a./ha.

La evaluación de efectividad de los tratamientos sobre las malezas se llevaron a cabo a los 50 días después de la emergencia de las plantas de maíz y las malezas. Para ello se utilizó el método cuantitativo en porcentaje, donde el 10% indica que no hubo control y el 100% control total de las malezas. El rendimiento en kg/ha de maíz al 14% de humedad se calculó en base a la producción de la parcela efectiva.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las especies más comunes encontrada en las áreas donde se establecieron los ensayos se incluyen: Rottboellia cochinchinensis, Cynodon dactylon y Leptochloa filiformis entre las gramíneas y Sida sp, Euphorbia heterophylla y Verbena carolina entre las dicotiledoneas.

Al analizar los datos de control de malezas a los 50 días, se encontró un efecto significativo ( $P < 0.01$ ) de los herbicidas y la desyerba manual sobre el testigo enma-

lezado. Como se observa en el Cuadro 3, todos los tratamientos con atrazina+pendimentalin superaron el promedio de efectividad a los 50 días en 60.8% con respecto al tratamiento Paraquat y el testigo enmalezado. Sin embargo, los mayores porcentajes de efectividad se consiguieron con los siguientes productos: la mezcla de tanque de los herbicidas atrazina+pendimentalin a dosis de 1.0+1.5 kg i.a./ha en preemergencia; seguido de la mezcla química atrazina+pendimentalin a dosis de 2.1 kg i.a./ha aplicado en preemergencia y en tercer lugar la mezcla de tanque atrazina+pendimentalin a dosis de 1.0+2.0 kg 1.a/ha aplicado en preemergencia. En el mismo Cuadro se observa también, que los herbicidas atrazina+pendimentalin a diferentes dosis y concentración aplicados en preemergencia presentan valores de efectividad mucho mayores que los conseguidos con los mismos herbicidas aplicados en postemergencia temprana (8 DDS).

Es importante señalar que las especies Cynodon dactylon y Sida sp, permanecieron en el campo hasta la cosecha, sin mostrar ningún efecto de parte de los herbicidas evaluados. En cuanto a la desyerba manual, muchas de las especies de malezas mencionadas anteriormente rebrotaron poco tiempo después pero con poco vigor. Por otra parte, la efectividad del Paraquat se vió reducida en las malezas (Cynodon dactylon y Sida sp.

debido a la velocidad de cobertura de la primera y característica leñosa de la segunda, que impidió la penetración del herbicida. Además, la aplicación del herbicida Paraquat se efectuó tarde (30 DDS), cuando la competencia entre el cultivo y las malezas ya estaba dada, que repercutió en el bajo rendimiento de este tratamiento.

En cuanto al rendimiento, hubo diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre los tratamientos con herbicidas y la deshierba manual sobre el testigo enmalezado. Al comparar las medias Duncan de los tratamientos (Cuadro 3), se observa que los tratamientos a base de la mezcla química o de tanque de atrazina + pendimetalin y la deshierba manual superaron en rendimiento al tratamiento con Paraquat y al testigo enmalezado. Los tratamientos a base de atrazina + pendimetalin y la deshierba manual superaron la media del rendimiento de maíz de 3640 kg/ha. El mayor rendimiento se consiguió con la mezcla de tanque de atrazina + pendimetalin a dosis de 1.0 + 1.5 i.a./ha aplicado en preemergencia, de 4216 kg de maíz por hectárea.

El análisis económico muestra que la mezcla de tanque de los herbicidas atrazina+pendimetalin a dosis de 1.0 + 1.5 i.a./ha presenta una tasa marginal de retorno de 725%, o sea una ganancia de B/.7.25, después

de recuperado el balboa invertido (Cuadro 4).

### CONCLUSIONES

1. Todas las mezclas donde intervinieron los herbicidas atrazina + pendimetalin aplicados en preemergencia y post emergencia temprana (8 DDS) afectaron en mayor o menor grado algunas de las malezas presentes en el campo, en comparación con el tratamiento con Paraquat y el testigo enmalezado.
2. En cuanto a efectividad no hubo diferencia entre la mezcla de tanque y la mezcla química de los herbicidas atrazina + pendimetalin a diferentes dosis y concentraciones.
3. Los mayores efectos sobre las malezas a los 50 días se dieron con las mezclas atrazina + pendimetalin a dosis de 1.0 + 1.5 kg i.a./ha aplicado en preemergencia; seguido de atrazina + pendimetalin a dosis de 2.1 kg i.a./ha aplicado en preemergencia; y Atrazina+ pendimetalin a dosis de 1.0 + 2.0 kg i.a./ha aplicado en preemergencia.
4. La mezcla de los herbicidas atrazina + Pendimetalin aplicado en preemergencia y a diferentes dosis y concentración presentaron valores mucho más

altos de efectividad, que cuando fueron aplicados en postemergencia temprana 8DDS).

5. El Paraquat aplicado en post emergencia tardía (30 DDS) a dosis de 0.4 kg i.a./ha no ejerció ningún efecto sobre las malezas Cynodon dactylon y Sida sp.
6. Con aplicación de la mezcla de tanque de atrazina + pendimetalin aplicado en preemergencia y a dosis de 1.0 + 1.5 kg i.a./ha se consiguió el mayor rendimiento de maíz de 4216 kg/ha.
7. Con este mismo tratamiento se obtuvo una tasa marginal de retorno de 725% o una ganancia de B/.7.25 después de recuperado el balboa invertido.
8. Es necesario continuar la investigación sobre el manejo de la maleza Cynodon dactylon a través de evaluaciones de herbicidas, a diferentes combinaciones y concentraciones, dosis y otros métodos de control.

#### BIBLIOGRAFIA

ALVARADO, A. 1983. Manual Técnico Producción de Maíz Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico, Panamá, 19 pág.

ARAUZ, J.R. Y J.C. MARTINEZ. 1983. Desarrollando tecnología apropiada para el agricultor. Informe de progreso del programa de Caisán en Panamá. Estudios Especiales No.1. IDIAP, Panamá. pp 50-52.

#### CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA, 1987.

Situación Física: Meteorología. Sección 121, Clima. Estadística Panameña. 55 p.

DOLL, J. Y C., GOMEZ.

1989. Principios Básicos para el manejo de las malezas en los cultivos. Guía de Estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 36 p.

DE LA CRUZ, R. 1989. Las malezas en el cultivo de Frijol en América Latina. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 40 p.

ESPINOZA, E. 1970. Ensayos de competencia de malezas y selectividad de herbicidas en maíz. En: Progresos de labores de investigaciones agropecuarias. Facultad de Agronomía, Universidad de Panamá. pp 47-59.

HOLDRIDGE, L. R. 1987.

Ecología basada en zonas de vida. Texto, tercera reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José. Costa Rica. 216 p.

**INSTITUTO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA DE PANAMA.**  
1989. Análisis y recomendación para la producción de cosechas. Análisis de suelo. Departamento de Suelos. IDIAP. Divisa.

**INSTITUTO DE RECURSO HIDRAULICOS Y ELECTRIFICACION 1990.**  
Registro mensual de precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa de las estaciones meteorológicas de los distritos de David, Alanje y Bugaba. Departamento de Hidrometeorología, Panamá.

**JARAMILLO, S. et al. 1985.**  
Soil and enviromental condition of IDIAP agriculture research station in Panamá. Agronomy miemo 85-2. Department of Agronomy, College of Agriculture y Llife Ciencie, Cornell University. IICA, N.Y. 90 p.

**JURGENS, G. y R., O'REILLY.**  
1975. Control de malezas en maíz y sorgo. En: Curso básico sobre control de malezas en la República Dominicana (GT2) G.M.B.H. San Cristobal, República Dominicana. pp 99-105.

**ROJAS, M. 1980.** Manual Técnico-práctico de herbicidas y fitoregulares. Texto, Editorial Limusa, México, D.F. pp.23-25.

**RUIZ, J. C. 1988.** Ajuste de dosis y época de aplicación de herbicidas a las malezas en el cultivo de maíz Zea mays L., en dos sistemas de labranza. Inédito. IDIAP, Alanje. Panamá. 9 p.

**ACOSTA 1990.** Manejo químico de las malezas Cynodon dactylon y Rootboellia cochinchinensis en el cultivo de maíz Zea mays. Inédito. IDIAP, Alanje, Panamá 12 p.

CUADRO 2. NOMBRE COMUN Y COMERCIAL, CONCENTRACIONES, DOSIS Y EPOCA DE APLICACION DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN MAIZ. COROZAL, GUARUMAL Y LOS ANGELES DE SIOGUI.

Nombre Común	Nombre Comercial 1/	Concentración Kg i.a./ha	Dosis Kg i.a./ha	EpoCa de Aplicación 2/
1. Atrazina+pendimentalin	Gesaprim+Prowl	0.5 + 0.5	1.0 + 1.0	Pre
2. Atrazina+pendimentalin	Gesaprim+Prowl	0.5 + 0.5	1.0 + 1.5	Pre
3. Atrazina+pendimentalin	Gesaprim+Prowl	0.5 + 0.5	1.0 + 2.0	Pre
4. Atrazina+pendimentalin	Gesaprim+Prowl	0.5 + 0.5	1.0 + 1.0	8 D.D.S.
5. Atrazina+pendimentalin	Gesaprim+Prowl	0.5 + 0.5	1.0 + 1.5	8 D.O.S.
6. Atrazina+pendimentalin	Gesaprim+Prowl	0.5 + 0.5	1.0 + 2.0	8 D.D.S.
7. Atrazina+pendimentalin	Prozine *	0.7	1.4	8 D.D.S.
8. Atrazina+pendimentalin	Prozine *	0.7	2.1	8 D.D.S.
9. Atrazina+pendimentalin	Prozine *	0.7	2.8	8 D.D.S.
10. Atrazina+pendimentalin	Prozine *	0.7	2.1	Pre
11. Paraquat	-	0.2	0.4	30 D.D.S.
12. Desyerba manual	-	-	-	25. D.D.S.
13. Testigo enmalezado	-	-	-	-

1/ El uso y medición de los nombres comerciales de los herbicidas, no implica preferencia o recomendación.

2/ Pre=preemergencia. D.D.S. = días después de la siembra.

\* Herbicidas cuyos ingredientes activos constituyen una mezcla química.



CUADRO 3. RENDIMIENTO Y EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL CONTROL DE MALEZA EN MAÍZ. COCOROZAL, GUARUMAL Y LOS ANGELES DE SIIGUI. PANAMA, 1990.

Tratamientos	Dosis Kg i.a./ha	Epoca de Aplicación	Control de maleza % 50 días despdes	Rendimiento en kg/ha al 14% de humedad.
1. Atrazina+pendimentalin	1.0 + 1.0	Pre	63.3 a b	3575 a b.
2. Atrazina+pendimentalin	1.0 + 1.5	Pre	72.5 a	4216 a
3. Atrazina+pendimentalin	1.0 + 2.0	Pre	69.2 a	4098 a b
4. Atrazina+pendimentalin	1.0 + 1.0	8 D.D.S.	60.8 a b	3617 a b
5. Atrazina+pendimentalin	1.0 + 1.5	8 D.D.S.	63.3 a b	3659 a b
6. Atrazina+pendimentalin	1.0 + 2.0	8 D.D.S.	63.3 a b	3698 a b
7. Atrazina+pendimentalin	1.4	8 D.D.S.	61.6 a b	3721 a b
8. Atrazina+pendimentalin	2.1	8 D.D.S.	64.1 a b	3635 a b.
9. Atrazina+pendimentalin	2.8	8 D.D.S.	60.8 a b	3681 a b.
10. Atrazina+pendimentalin	2.1	Pre	70.8 a	4010 a b
11. Paraquat	0.4	30 D.D.S.	55.0 b	3418 b.
12. Desyerba manual	-	25. D.D.S.	65.0 a b	3805 a b
13. Testigo enmalezado	-	-	20.8 c	2191 c
Significancia			***	***
Coefficiente de variación (%)			23.61	21.46
Media (X)			60.8	3640

CUADRO 4. ANALISIS DE LA TASA MARGINAL DE RETORNO DEL ENSAYO. PANAMA, 1989.

Tratamientos	Dosis kg i.a./ha	Epoca de Aplicación	Costos que varían BI/ha	Beneficios netos BI/ha	Tasa de retorno marginal (%)
13. Testigo enmalezado	-	-	-	403.19	902.8
11. Paraquat	0.4	30 D.D.S.	22.50	606.32	307.4
12. Desyerba manual	-	25 D.D.S.	40.00	660.12	76.2
10. Atrazina+pendimetalin	2.1	Pre	61.40	676.44	725.0
2. Atrazina+pendimetalin	1.0 + 1.5	Pre	66.00	709.79	

\* Mezcla Química

## PROTECCION VEGETAL. Estudios Epidemiológicos.

### ESTUDIOS EN MANCHA GRIS DE LA HOJA (Cercospora zeaе-maydis) TEHON Y DANIELS; EN MAIZ (Zea mays L.)

J. C. Ureta R. <sup>1</sup>

#### INTRODUCCION

Cercospora zeaе-maydis, Tehon y Daniels- agente causal de la mancha gris de la hoja del maíz (Zea mays L.) fue reportada por primera vez en el condado Alexander, estado de Illinois en 1924 (14). Desde entonces ha sido visto en diferentes lugares de los Estados Unidos (Esquivel, 1982; Hyne, 1943; Latterell y Rosi, 1983; Leonard, 1974; Roane, 1950).

Fuera de los Estados Unidos, la incidencia del agente causal de la mancha gris de la hoja ha sido reportado en México, Ecuador (Boothroyd, 1964), Trinidad, Colombia, Brasil, Perú (Chupp, 1953), Costa Rica (Boothroyd, 1964) y Panamá (Esquivel, 1982).

Desde 1971, como año más reciente, el desarrollo intensivo de la enfermedad ha estado asociado con el incremento en la práctica de siembra de maíz, bajo el sistema de cero labranza (Roanne, Harrison y Genter, 1974); especialmente cuando se siembra maíz en períodos sucesivos, Latterell y Rosso (1983).

Los objetivos de este estudio son:

1. Evaluar y seleccionar entre un gran número de genotipos de maíz, el germoplasma resistente a este patógeno.
2. Estudiar el desarrollo del patógeno en el campo en diferentes cultivares a través de su ciclo vegetativo y reproductivo.
3. Relacionar el desarrollo de la enfermedad con las condiciones meteorológicas prevalentes.

Al inicio las lesiones son difícilmente distinguibles de las causadas por otros patógenos, excepto por un halo amarillento visible en las lesiones iniciales, cuando éstas se observan a través de la luz, Latterelland Rossi (1983).

Las lesiones causadas por C. zeaе maydis se distinguen de las causadas por Helminthosporium maydis Nisik, observándolas a través de la luz transmitida por el

---

<sup>1</sup> M.Sc. Protección Vegetal. Profesor Adjunto. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Apartado 2-B. David, Chiriquí, Panamá.

sol. En el primero, las lesiones son completamente opacas, rectangulares, bien definidas y color oscuro; mientras que en el segundo las lesiones dejan pasar la luz, sin bordes distintivos y color rojo-chocolate claro. Las lesiones maduras son líneas rectangulares y delimitadas por las nervaduras (1-6 cm de largo y 2-4 mm de ancho), Latterell y Rossi (1983).

Las plantas infectadas severamente, las lesiones en el tallo son comunes ya que, las lesiones al cubrir la mayoría del área fotosintética causan una gran pérdida de agua y por ello un acame antes de la cosecha, Latterell y Rossi (1983).

Cercospora zeae-maydis es un patógeno facultativo y su rango de hospederos o susceptibles está restringido al maíz (Chupp, 1983); siendo los cultivos de maíz blanco más tolerantes que los de maíz dentado (Latterell y Rossis, 1983). Este patógeno ha sido encontrado incidiendo en cultivares de maíz en regiones montañosas (Payne y Waldron, 1983), hasta lugares cercano al nivel del mar (Tehon y Daniels, 1925).

#### MATERIALES Y METODOS

Los estudios se llevaron a cabo en un área en donde la infestación del patógeno había sido severa en períodos anteriores. Dicha área está cercana a la rivera de un río donde la neblina y la formación de rocío son frecuentes. El área total del ensayo

comprendía aproximadamente 1.6 ha.

Los diferentes genotipos de maíz fueron sembrados bajo el sistema de cero labranza, con una sembradora de dos chorros adaptada para esta práctica. Las prácticas de abonamiento y control de malezas efectuadas son las que normalmente se realizan en este tipo de explotación.

Cuando la mayoría de los genotipos de maíz tenían de 6-8 hojas (34 días después de la siembra), éstos fueron inoculados con el hongo Cercospora zeae-maydis; colocando de 7-10 granos de sorgo blanco infestado el cual sirvió como portador del inóculo del hongo.

La incidencia del hongo en las hojas fue confirmado por la sintomatología típica de las lesiones en el campo y usando el medio selectivo jugo V-8 agar + CaCO<sub>3</sub> en el laboratorio.

#### Evaluación y selección de germoplasmas resistente al patógeno

Se utilizaron 1,089 genotipos de maíz de 49 países, los cuales fueron sembrados en hileras de 15 plantas por cada entrada (genotipo). Esto es un procedimiento estandar cuando se selecciona material resistente a un determinado fitopatógeno. Además se utilizaron 770 cultivares del programa de mejoramiento del Dr. J.A. Hawk; sembrados de igual manera que el anterior grupo. Finalmente, 125 híbri-

dos comerciales, divididos en cinco grupos de madurez. Dichos híbridos fueron sembrados en dos hileras de cada uno con dos réplicas.

Dado que se monitoreó durante todo el ciclo de cultivo el progreso y desarrollo de la enfermedad, la evaluación de los genotipos se efectuó en la época de mayor afección del patógeno. Se utilizó la escala (0-5) descrita por Roane et al. (1974).

- 0 = Sin síntomas.
- 1 = Pocas lesiones debajo de la mazorca, ninguna por encima.
- 2 = Muchas lesiones debajo de la mazorca, trazas por encima.
- 3 = Severo desarrollo de lesiones debajo de la mazorca, todas las hojas por encima de la mazorca con lesiones.
- 4 = Todas las hojas con un severo desarrollo de lesiones, pero se observa tejido verde.
- 5 = Todas las hojas secas y muertas.

En este estudio los genotipos considerados como resistentes fueron los evaluados, de acuerdo a la escala, con un valor de 2.5 o menos y reacción de hipersensibilidad.

#### Observación de patrones del desarrollo de la enfermedad en el campo

Fueron utilizadas dos líneas resistentes, dos intermedias y diez susceptibles, se sembraron de mane-

ra mencionada anteriormente con dos réplicas.

Todas las plantas en este estudio fueron inoculadas para eliminar la posibilidad de un "escape" de la afección por C. zeaemaydis. Partiendo de la fecha de la inoculación, efectuada 34 días después de la siembra, se hicieron observaciones periódicas (3 veces por mes) del desarrollo de las lesiones, contando el número de lesiones por hoja y utilizando la escala (0-5) sugerida por Roane et al. (1974).

Se utilizaron dos sitios, uno en el área de los estudios y otro como comparación a dos y medio kilómetros, para registrar precipitación, humedad relativa, temperatura y deposición de rocío.

## RESULTADOS

Los resultados indicaron que 20 de 1089 genotipos de maíz introducidos (1.89%), 23 de 770 cultivares (2.99%) y 16 de 125 híbridos (12.8%) tuvieron una reacción de resistencia a la infección por C. zeaemaydis.

Estos resultados indican que existe material resistente, pero en un muy bajo porcentaje. En otros ensayos efectuados se ha encontrado igualmente una pequeña cantidad disponible de germoplasma resistente (Hitty, Hadden y Garden, 1979; Latterel y Rossi, 1983; Roane y Genter, 1976; Roane, Harrison y

Genter, 1974; Stromberg, 1984).

Veinte días después de la inoculación se detectaron las primeras lesiones en la segunda, tercera y cuarta hoja, promediando de dos a tres lesiones por hoja.

Las altas y bajas temperaturas se mantuvieron bastante estables durante el ciclo del cultivo promediando aproximadamente 26.7°C para la alta y 15.6°C para la baja.

Una época muy húmeda influyó para que registraran altos niveles de deposición de rocío y fracciones diarias de humedad relativa mayor o igual al 85%. Estos factores fueron influenciados también por la cerrada población de plantas en el sitio de los estudios. Todas estas condiciones interactuaron para que el progreso de la enfermedad se diera de forma más o menos constante, dando como resultado que hubiese una muerte temprana de líneas susceptibles y un desarrollo severo de lesiones en líneas intermedias seguidos de la muerte de tejidos. En la línea resistente se registró un desarrollo de la enfermedad bajo, a través de todo el ciclo del cultivo y una reacción de hipersensibilidad.

### CONCLUSIONES

De los genotipos evaluados un limitado número de plantas introducidas (20), cultivares (23) e híbridos (16) mostraron resistencia a Cercospora zeae-maydis.

Infecciones tempranas en genotipos susceptibles dan como resultado la muerte prematura de la planta.

Al relacionar el desarrollo de la enfermedad con las condiciones meteorológicas, la afección por Cercospora zeae-maydis se incrementó en severidad de modo progresivo en los genotipos evaluados a través de la estación, bajo condiciones promedio diarias de temperaturas de 21 a 25 grados centígrados deposición de rocío de 9.5 a 12 horas y humedad relativa igual o mayor a 85% por 10.5-17 horas.

No hubo relación entre la resistencia de los genotipos al barrenador del tallo y a Helminthosporiasis con respecto a su resistencia a Cercospora zeae-maydis.

### BIBLIOGRAFIA

BOOTHROYD, C. W. 1964. Effect of elevation, rainfall and temperature upon the incidence of corn diseases in Costa Rica. (Abstr.). Phitopathology 54:127.

CHUPP, C. 1953. A monograph of the fungus genus Cercospora Ronald Press Co., Ithaca, N.Y. 667 pp.

ESQUIVEL R., E. A. 1982. Catálogo de enfermedades de las plantas en la República de Panamá. Iera. Edición. México. p. 29.

- HAWK, J. A., CARROLL, R. B., and LATTERELL, F. M. 1985.** First report of gray leaf spot Cercospora zeae-maydis of corn in Delaware. Plant Disease 69:361.
- HILTY, J. W., HADDEN, C. H. and GORDEN, L. T. 1979.** Response of maize hybrids and inbred lines to gray leaf spot disease and the effects on yield in Tennessee. Plant Dis. Rep. 63:515-518.
- HYNE, B. A. 1943.** New records and unusual occurrences of plant diseases. Plant Dis. Rep. 27:553-554.
- LATTERELL, F.M., and ROSSI, A. E. 1983.** Gray leaf spot of corn: A disease on the move. Plant Disease 67:842-847.
- LEONARD, K. J. 1974.** Foliar pathogens of corn in North Carolina. Plant Dis. Rep. 58:532-534.
- PAYNE, G.A., and WALDRON, J.K. 1983.** Overwintering and spore release of Cercospora zeae-maydis on corn debris in North Carolina. Plant Disease 67:87-89.
- ROANE, C. W. 1959.** Observation on corn diseases in Virginia from 1947-1950. Plant Dis. Rep. 34:394-396.
- ROANE, C. W. and GENTER, C. F. 1976.** Breeding maize for resistance to gray leaf spot. (Abstr.). Proc. Am. Phytopathol. Soc. 3:331.
- ROANE, C.W., HARRISON, R.L. and GENTER, C.F. 1974.** Observation on gray leaf spot of maize in Virginia. Plant Dis. Rep. 58:456-459.
- STROMBERG, E.L. 1984.** Evaluation of selected corn hybrids for reaction to Cercospora zeae-maydis in Virginia. (Abstr.). Phytopathology 74:852.
- TEHON, L.R. and DANIELS, E. 1925.** Notes on parasitic fungi of Illinois. Mycologia 17:240-249.

DESARROLLO DE UN METODO DE MUESTREO DEL DAÑO DE COGOLLERO  
(Spodoptera frugiperda Smith) EN EL CULTIVO DE MAIZ  
(Zea mays L.)

M. O. Guerrero Q. <sup>1</sup>

RESUMEN

Para establecer un método óptimo de muestreo del daño de cogollero, se realizaron ensayos de campo en la siembra de primera (Mayo-Septiembre) en 1989 en Zapotitán (Dept. La Libertad, 450 msnm); en 1990 en Astoria (Dept. La Paz 40 msnm) y nuevamente en Zapotitán. Se evaluaron 3 métodos de muestreo: (1) 100 plantas al azar, (2) 20 puntos al azar de 5 plantas cada uno, (3) 5 puntos al azar de 20 plantas cada uno. Para obtener el porcentaje de daño real (testigo, daño esperado), se escogían campos de agricultores sin aplicación de químicos al follaje, se contaban 20 surcos de 25 m de largo, y se registraban todas las plantas con daño. Los muestreos se realizaron en diferentes fases de desarrollo de la planta con diferentes muestradores. El análisis de Ji-cuadrado ( $X^2$ ), indicó que el método de muestreo de 5 puntos al azar de 20 plantas fue el que más se acercó al daño real, dando significancia al 1% y 5% para cuando lo realiza un muestrador, y al 5% cuando lo realizan 2 muestradores. Este método de muestreo al mismo tiempo resultó ser el más económico en cuanto a tiempo

necesario para su ejecución. Para cualquiera de los métodos al ser realizado por 3 muestradores la variación fue mayor, o sea a menos muestradores menor la posibilidad de distanciarse del daño real en el campo y con mayor certeza la toma de decisiones de control. El conocimiento de los umbrales económicos de daño foliar del maíz y del método de muestreo de 5 puntos de 20 plantas, serán de beneficio, ya que reducirán el número de aplicaciones de químicos innecesarios contra cogollero, y por consiguiente los costos de control.

INTRODUCCION

Tradicionalmente el maíz es un cultivo básico en El Salvador, al igual que cualquier cultivo es atacado por diferentes plagas que tienen que ser controladas aumentando los costos de producción. Entre las plagas que atacan al maíz, tenemos el gusano cogollero, que es una de las que más limitan la producción.

Para establecer las poblaciones de cogollero y relacionarlas con el daño, el agricultor no posee un método

<sup>1</sup> Técnico. Programa de Maíz, Depto. de Granos Básicos. CENTA-MAG. El Salvador.



de recuento sencillo, rápido y eficaz para decidir si debe o no aplicar.

El trabajo tuvo como objetivo, el determinar que método de muestreo es más eficiente y se acerque lo más posible al daño real del cogollero en el campo.

#### **ANTECEDENTES**

Al revisar literatura, se puede comprobar que no hay investigación en este campo a nivel de los países del área que haya sido divulgada.

#### **MATERIALES Y METODOS**

El trabajo se instaló en Zapotitán, Dept. La Libertad (1989 y 1990) a 450 msmn; y en Astoria Dept. La Paz a 40 msmn (1990).

Se evaluaron 3 métodos de muestreo: (1) 100 plantas al azar, (2) 20 puntos al azar de 5 plantas cada uno y (3) 5 puntos al azar de 20 plantas cada uno.

Se escogían campos de agricultores que no habían sido aplicados y se procedía a contar 20 surcos de maíz de 25 m de largo; en esta área se realizaban los 3 métodos de muestreo, registrando el tiempo que se utilizaba en cada uno.

Después se procedía a contar planta por planta en cada surco, para obtener el daño real y su ubicación.

Al total de datos se les aplicó el análisis del Ji-cuadrado, para asegurar el

método que presentó menos variación del daño real.

#### **RESULTADOS Y DISCUSION**

Los datos de este trabajo indican que el método de muestreo de 5 puntos al azar de 20 plantas cada uno, es el más acertado. Además, muestra que este es el más económico, ya que necesita menos tiempo para realizarse.

Según la prueba del Ji-cuadrado, este método tiene menos variación con respecto al daño real en el campo.

La prueba del Ji-cuadrado indica que es efectivo cuando es realizado por 1 o 2 muestradores, ya que si lo hacen 3, la variación es mayor.

#### **CONCLUSIONES**

El método de muestreo de 5 puntos al azar de 20 plantas cada uno, es el que refleja el daño real de cogollero en el campo.

Este método de muestreo es el más económico.

#### **RECOMENDACIONES**

Divulgar y enseñar al agricultor este método de muestreo para determinar niveles de daño de cogollero, para la toma de decisión en posteriores aplicaciones.

#### **BIBLIOGRAFIA**

Conversación personal con el Dr. Rainier Daxl, asesor del programa de Protección Vegetal Integrada CENTA-GTZ.

DESARROLLO DE UN METODO DE MUESTREO DE DAÑO DE COGOLLERO EN MAIZ ANALISIS DE JI-CUADRADO

Metodo	1 muestreador			2 muestreadores			3 muestreadores		
	X2 c	X2 t 0.01	X2 t 0.05	X2 c	X2 t 0.01	X2 t 0.05	X2 c	X2 t 0.01	X2 t 0.05
100 pl al azar	102.52 n.s.	26.217	21.026	77.03 n.s.	20.09	15.507	319.76 n.s.	27.688	22.362
20 punt. 5 pl.	37.02 n.s.	26.217	21.026	44.48 n.s.	20.09	15.507	194.81 n.s.	27.688	22.362
5 punt. 20 pl.	12.72 * *	26.217	21.026	17.34 * (0.01)	20.09	15.507	53.51 n.s.	27.688	22.362

n.s. = no significativo  
 \* = significativo  
 \* \* = altamente significativo

TIEMPO PROMEDIO DE REALIZACION DE MUESTREOS PARA 1, 2, 3, MUESTREADORES

Muestreo	Tiempo en segundos		
	1 Muestreo	2 Muestreo	3 Muestreo
100 pl al azar	374	368	446
20 punt. 5 pl.	318	240	300
5 punt. 20 pl.	239	200	205

# EVALUACION DE PERDIDAS EN EL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays* L.) POR LA INCIDENCIA DE PLAGAS Y FACTORES ABIOTICOS DESPUES DE LA DOBLA

R. A. Santamaría, C. Arias, C. García, G. Valladares <sup>1</sup>

## RESUMEN

Las pérdidas que ocasionan las plagas y factores ambientales en el cultivo de maíz, a partir de la madurez fisiológica, la mayoría de veces pasan inadvertidas por el agricultor, por lo que el presente trabajo contribuirá a la identificación y cuantificación de éstos, así como obtener una estimación económica de las mismas. El ensayo se realizó en el Cantón El Limón, Verapaz, San Vicente, situado a 570 msnm, utilizando un diseño estadístico de bloques al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos, el período de la investigación fue de agosto a octubre de 1990. Los tratamientos estuvieron formados por fechas de cosecha, iniciándose desde el momento de la madurez fisiológica (con muestreos quincenales) hasta los 60 días, el tamaño de la muestra que se consideró fue de 50 mazorcas.

De acuerdo a los daños por insecto el promedio más alto se obtuvo a los 60 días, 3.41%, el más bajo fue a madurez fisiológica, 0.25% para un promedio de pérdida por insecto de 1.46%. Los daños por hongos estuvieron

entre 0.98% a 5.31%, el primero a madurez fisiológica y el segundo a los 60 días, con un promedio de 2.83%. El daño combinado de insectos y hongos dió como resultado, 1.23%, a madurez fisiológica y 8.72% a los 60 días, para un promedio total de pérdidas de 4.29%.

La estimación económica de pérdidas mostró que estas se encuentran en el rango comprendido entre ¢ 55.25/Mz a ¢ 403.00/Mz a madurez fisiológica y 60 días, respectivamente.

Las plagas más predominantes fueron Sitophilus sp, Carpophilus sp y Cathartus sp, también se presentaron pero en poblaciones muy bajas Moodna sp, Sathrobrotia sp, Euxesta sp, Conotelus sp, Tribolium sp, chinche de la familia Lygaidae, Criptolestes sp y Forficula sp. Entre los hongos que se manifestaron estan: Fusarium moniliforme, Diplodia sp, Aspergillus sp, Penicillium sp, Rhizopus sp y Botryodiplodia theobromae.

## INTRODUCCION

El cultivo de maíz en El Salvador, constituye entre

<sup>1</sup> Técnicos investigadores del Depto. de Parasitología Vegetal. CENTA-MAG. El Salvador.

los granos básicos uno de los más importantes, puesto que es el principal producto en la dieta diaria salvadoreña.

En nuestro país, así como en la mayoría de los países donde se cultiva maíz, ocurre un fenómeno que casi siempre pasa desapercibido por el agricultor, como son las pérdidas causadas por insectos, microorganismos, pájaros, condiciones adversas al tiempo y otros factores, durante el período en que el maíz se encuentra doblado, el cual dura de 2 a 3 meses hasta alcanzar una humedad de 14-18%, para luego ser desgranado. Aunque se tienen datos sobre pérdidas, éstos no son relevantes, debido a que los porcentajes obtenidos no representan una realidad concreta porque han sido obtenidas en base a encuestas realizadas en forma general, por lo que este trabajo contribuirá a identificar y cuantificar las pérdidas ocasionadas por plagas y factores abióticos después de la dobla, así como obtener una estimación económica de dichas pérdidas. Organismos internacionales como la FAO y el GIDA/ALC, reportan pérdidas que oscilan entre 10-22%, y por lo menos el 50% de éstas ocurren como consecuencia de la práctica de la dobla, debido al ataque de plagas, microorganismos y factores ambientales (3,5). El ensayo se realizó del 28 de agosto al 23 de octubre de 1990.

#### REVISION DE LITERATURA

Las pérdidas post-cose-

cha, según estimación de la FAO son de un 10% a nivel de países en desarrollo, pero este es un promedio que podría incrementarse a tasas mucho más elevadas en los países de lento desarrollo, los cuales no cuentan con la infraestructura ni tecnología adecuada, como la que poseen los países desarrollados. En Brasil se han realizado investigaciones en el que se informa de 20-30% de pérdida post-cosecha, FAO (1982).

Los factores que influyen en dicha forma directa o indirecta, son los que están relacionados con la acción de las plagas, factores negativos del clima, temperatura, humedad relativa, precipitaciones y en los procesos a los cuales se someten los granos desde la recolección hasta que éstos llegan al consumidor, Rengifo, Machado, Melgar y León Orellana (S/P).

Los insectos, ácaros, hongos, pájaros y roedores, al atacar granos y semillas causan pérdidas millonarias año con año. Los insectos y hongos se clasifican de dos formas, los que causan daño a nivel de campo y los que causan daño en almacén, aunque hay algunas especies que se han habituado a las dos formas descritas anteriormente, CENTREINAR (1983); Escobar Bethancourth, Bonilla, Hernández (1986).

Los granos y semillas tienen al momento de almacenarse cantidades variables de esporas de hongos que son adquiridos en el campo, siendo los principales hongos:

Penicillium, Aspergillus,  
Alternaria, Fusarium,  
Cladosporium, Rhizopus,  
Curvularia y Helminthosporium  
CENTREINAR (1983).

## MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Cantón El Limón, municipio de Verapáz, Depto. de San Vicente, a 570 msnm, con una temperatura diaria de 23.5°C, máxima de 29.6°C, mínima de 18.4°C y una humedad relativa promedio de 71%. La siembra se realizó el 22 de mayo de 1990, utilizando el híbrido H-56.

El diseño estadístico que se empleo, fue de bloques al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos. La parcela experimental constó de 15 surcos de 15 m de largo, para un área de 180 m<sup>2</sup>. La parcela útil estuvo formada por 11 surcos centrales de 13 mts. de longitud o sea 114.4 m<sup>2</sup> entre calles se dejó 1.6 m. Al momento de la madurez fisiológica se cosechó el tratamiento considerado como testigo absoluto y enseguida se procedió a la dobla en el resto de parcelas, realizando cosechas cada 15 días, es decir que To=Madurez fisiológica, T1=15 días, T2=30 días, T3=45 días, T4=60 días.

Al momento de la primera cosecha (To) se efectuó un muestreo de 50 mazorcas por tratamiento y otro, que se hizo semanalmente cosechando 5 mazorcas por parcela para evaluar la fluctuación poblacional de insectos. Las variables que se midieron quincenalmente fueron: por-

centaje de daño por hongos, insectos y otros daños, daño total %, rendimiento.

El mismo procedimiento se siguió para los 5 tratamientos. Previo a la madurez fisiológica se realizó un muestreo (3 mazorcas/parcela) para ver la fluctuación poblacional de insectos. Entre los datos abióticos considerados están: temperatura, humedad relativa y lluvia.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Durante el período que estuvo el maíz en la etapa de dobla, que fue de dos meses, se logró determinar que los insectos que se presentaron en una mayor densidad fueron: Cathartus sp: Carpophilus spp y Sitophilus spp. Otros insectos que se reportaron, pero en una densidad mucho menor fueron: Sathrobrotia rileyi, Criptolestes sp, Euxesta sp, Moodna sp, Conotelus sp, Tribolium sp, chinches de la familia Lygidae y Forficula sp, previo a la dobla se determinó que los insectos imperantes eran: Carpophilus sp, Euxesta sp, Sitophilus sp y Cathartus sp. En el Cuadro 1, se presenta un promedio de la población máxima por mazorca de los insectos que se presentaron en una densidad mayor, oscilando entre 0.10 a 3.90 insectos por mazorca. El comportamiento de las tres especies se observa en las Figuras 1, 2, y 3.

Por otra parte, se determinó que la interacción de los factores abióticos, es

decir temperatura, humedad relativa y precipitación, inciden en las poblaciones de insectos ya sea para aumentarles o disminuirlos. El comportamiento de dichos factores se observa en las Figuras 4, 5 y 6.

Los hongos que se hicieron presentes durante la investigación fueron los siguientes: Fusarium moniliforme, siendo el hongo que predominó durante todo el período en estudio con el porcentaje más alto 66.37%, seguido de Diplodia sp 19.95%, Aspergillus sp 7.5%, Penicillium sp 5.25%, Rhizopus sp 0.85% y Botryodiplodia theobromae 0.35%. Diplodia sp y Penicillium sp al igual que Fusarium sp, estuvieron en todo el período en estudio, mientras que Aspergillus sp sólo durante 30 días después de la dobla. Rhizopus sp y Botryodiplodia theobromae se presentaron con menos frecuencia.

En cuanto al análisis estadístico como se puede observar en el Cuadro 2 entre repeticiones no hubo diferencia significativa, para ninguna de las variables en cuestión. Respecto a los tratamientos, éstos presentaron diferencia altamente significativa para daño por hongo y aunque el daño por insecto no representó ninguna diferencia significativa la interacción de daño por hongos por insectos resultó altamente significativa. En el Cuadro 3 se presentan las medias de los diferentes tratamientos para las variables

analizadas, así como las respectivas humedades del grano, observándose que los daños menores en todas las variables fueron a madurez fisiológica (T<sub>0</sub>) mientras que las mayores se registraron a 60 días después de la dobla (T<sub>4</sub>), con una humedad del grano más de 36% y del 17.33%, respectivamente. En general, los daños causados por insectos y hongos alcanzaron un promedio de 4.29%.

De acuerdo a la prueba de rango múltiple de DUNCAN, Cuadro 4, tanto el daño por insectos como de hongos, presentan diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo el de 60 días el que resulta con el porcentaje de daño más alto, aunque estadísticamente es igual a los tratamientos 30 y 45 DD. Mientras que el tratamiento que resulta con el porcentaje de daño menor fue el de madurez fisiológica y desde el punto de vista estadístico es igual al resto de tratamientos, excepto para 60 días.

En el Cuadro 5, se presenta una estimación económica de las pérdidas causadas por hongos e insectos durante el período en que se mantuvo el maíz doblado en el campo, observándose que éstas tienden a incrementarse conforme se aleja más el momento de la madurez fisiológica.

#### CONCLUSIONES

Las pérdidas causadas por plagas y factores abióticos después de la dobla alcanzan un promedio de 4.29%, siendo de 8.72% la

pérdida total a los 60 días.

Los insectos que se presentaron en una mayor densidad durante el período de la dobla fueron: Carpophilus sp, Cathartus sp, y Sitophilus sp. Los hongos que se identificaron atacando el maíz durante el período de dobla fueron: Fusarium moniliforme, Diplodia sp, Aspergillus sp, Penicillium sp, Rhizopus sp, y Botryodiplodia theobromae.

La prueba de rango múltiple de Duncan muestra que los tratamientos a madurez fisiológica y 60 días, para daño por hongo y total, resultaron con el porcentaje más bajo y más alto respectivamente siendo diferentes estadísticamente.

Los daños por hongo fueron más altos que los de insecto, siendo 2.82% y 1.46% respectivamente en promedio. A 60 días después de la dobla se obtiene la pérdida económica más alta, \$403,00/Mz, mientras que la madurez fisiológica se observa menor \$5.25/Mz.

La interacción de los factores abióticos inciden en la población de insectos.

#### RECOMENDACIONES

Se deben seguir realizando ensayos iguales a este, pero en otras localidades del país.

#### BIBLIOGRAFIA

ANAIS DO SEMINARIO LATINO-AMERICANO DE PERDAS POS-

COLHEITAS DE GRAOS. (1°, 1982, VICOSA, BRA.) 1983.

Los principales insectos de granos almacenados-Ed. por Miguel Mora. Minas Gerais, Brasil, CENTREINAR.

ESCOBAR BETANCOURT, J.C.; BONILLA, S.P.; DE HERNANDEZ, E. 1986. Identificación y fluctuación poblacional de insectos y hongos en el cultivo de maíz (Zea mays L.) en El Salvador. In Reunión Anual del PCCMCA (32, 1986, San Salvador, El Salvador). Memoria de la mesa de maíz, San Salvador, El Salvador. CENTA. pp M7/1-M7/15.

FAO, 1984. Informe terminal. San Salvador, El Salvador. pp 14-15.

MEMORIA CONGRESO NACIONAL DE ALMACENAJE. 1982, San Salvador. Estimación de Pérdidas post-cosecha de maíz en tres zonas diferentes de El Salvador. FAO. p. 34-38.

MESA REDONDA LATINOAMERICANA SOBRE PERDAS POS-COLHEITA DE GRAOS. (1984, VICOSA, BRA.) 1985. Programa para la evaluación y reducción de pérdidas post-cosecha. Ed. por Roberto Matheu Castellanos Minas Gerais, Brasil, CENTREINAR. p.41.

RENGIFO, G.; MACHADO DE TOLEDO, R.; MELGAR, H. Y LEON ORELLANA, J. Manual de Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Proyecto FAO/IRA, El Salvador. p. 284.

CUADRO 1. PROMEDIO DE POBLACION MAXIMA POR MAZORCA DE LARVAS Y ADULTOS. VERAPAZ, SAN VICENTE. 1990.

INSECTO	POBLACION MAXIMA POR MAZORCA	
	L	A
Cathartus sp	2.95	3.90
Carpophilus spp	1.90	0.95
Sitophilus spp	0.10	1.50

CUADRO 2. GRADO DE SIGNIFICANCIA PARA LAS VARIABLES ANALIZADAS. VERAPAZ, SAN VICENTE. 1990.

FV	VARIABLE		
	DAÑO HONGO	DAÑO INSECTO	DAÑO TOTAL
Tratamiento	**	n.s.	**
Repeticiones	n.s.	n.s.	n.s.

CUADRO 3. MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS PARA LAS VARIABLES ANALIZADAS CON SU RESPECTIVA HUMEDAD. VERAPAZ, SAN VICENTE. 1990.

TRATAMIENTO/VARIABLE	0	15	30	45	60	$\bar{X}$
Daño hongo (%)	0.98	1.51	2.67	3.65	5.31	2.82
Daño Insecto (%)	0.25	0.39	2.31	0.95	3.41	1.46
Daño Total (%)	1.23	1.90	4.98	4.60	8.72	4.29
Humedad (%)	+ 36.00	28.17	21.26	18.92	17.33	24.34



**CUADRO 4. PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE PORCENTAJE DE DAÑO POR HONGO Y DAÑO TOTAL PARA DIAS DESPUES DE LA DOBLA. VERAPAZ, SAN VICENTE. 1990.**

TRATAMIENTO	DAÑO HONGO (%)	DUNCAN 0.01	TRATAMIENTO	DAÑO TOTAL (%)	DUNCAN 0.01
60	5.31	A	60	8.72	A
45	3.65	AB	30	4.98	AB
30	2.67	AB	45	4.60	AB
15	1.51	B	15	1.90	B
0	0.98	B	0	1.23	B

**CUADRO 5. ESTIMACION ECONOMICA DE PERDIDAS PARA DIAS DESPUES DE LA DOBLA. VERAPAZ, SAN VICENTE. 1990. \***

DIAS DESPUES DE DOBLAS	PERDIDAS c /Mz.
0	55.25
15	86.45
30	254.15
45	204.75
60	403.00

\* 1qq maíz = C 65.00

FIGURA 1. PRECIPITACION PROMEDIO EN MILIMETROS DURANTE EL PERIODO DEL ESTUDIO.

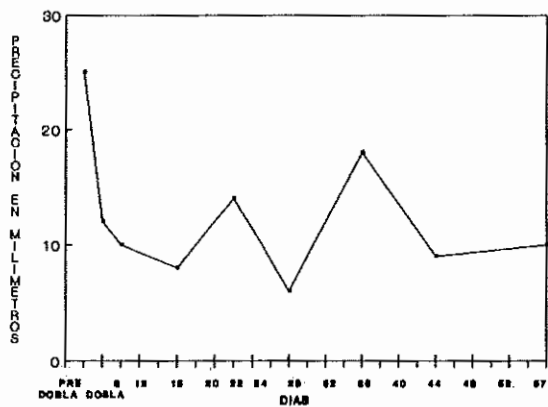


FIGURA 2. TEMPERATURA PROMEDIO EN C DURANTE EL PERIODO DEL ESTUDIO.

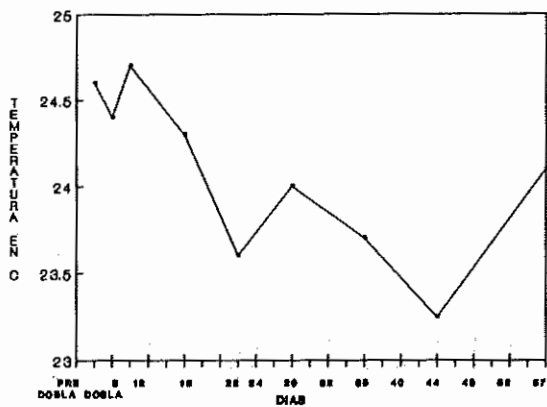


FIGURA 3. HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO EN PORCIENTO DURANTE EL PERIODO DEL ESTUDIO.

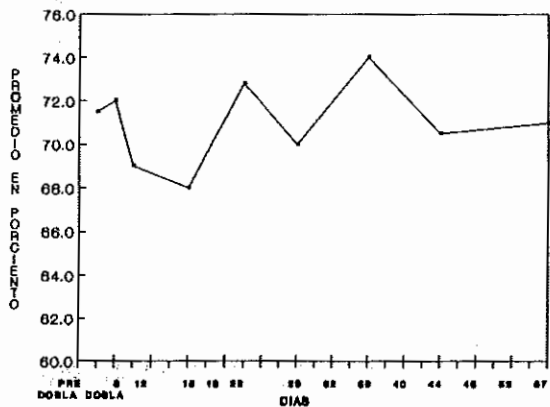


FIGURA 4. FLUCTUACION POBLACIONAL DE *Carpophilus* sp DIAS DESPUES DE LA DOBLA.

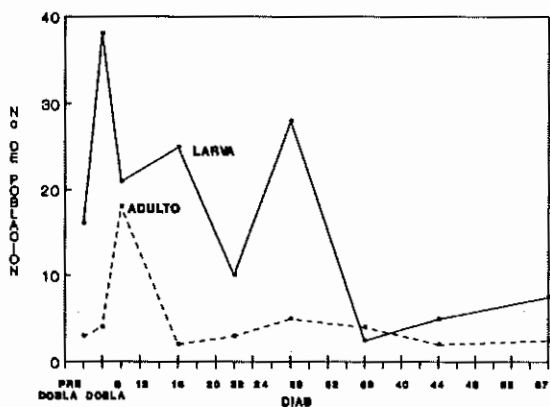


FIGURA 5. FLUCTUACION POBLACIONAL DE *Cathartus* sp DIAS DESPUES DE LA DOBLA.

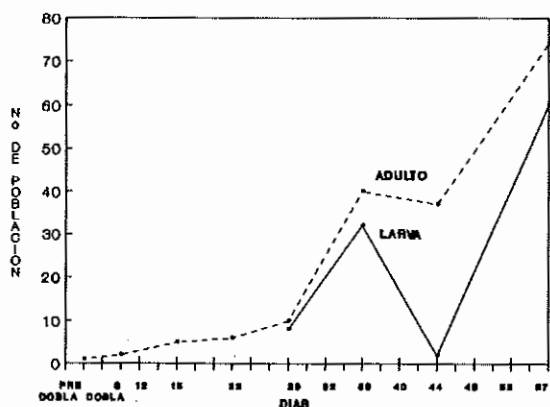
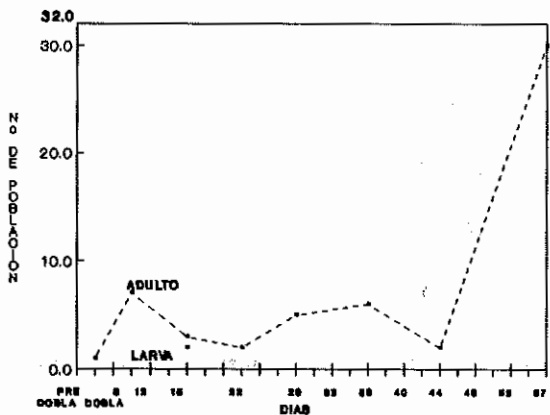


FIGURA 6. FLUCTUACION POBLACIONAL DE *Sitophilus* sp DIAS DESPUES DE LA DOBLA.



CUADRO 4. PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE PORCENTAJE DE DAÑO POR HONGO Y DAÑO TOTAL PARA DIAS DESPUES DE LA DOBLA. VERAPAZ, SAN VICENTE, 1990.

TRATAMIENTO	DAÑO HONGO (%)	DUNCAN 0.01	TRATAMIENTO	DAÑO TOTAL (%)	DUNCAN 0.01
60	5.31	A	60	8.72	A
45	3.65	AB	30	4.98	AB
30	2.67	AB	45	4.60	AB
15	1.51	B	15	1.90	B
0	0.98	B	0	1.23	B

CUADRO 5. ESTIMACION ECONOMICA DE PERDIDAS PARA DIAS DESPUES DE LA DOBLA. VERAPAZ, SAN VICENTE, 1990. \*

DIAS DESPUES DE DOBLAS	PERDIDAS c /Hz.
0	55.25
15	86.45
30	254.15
45	204.75
60	403.00

\* 1qq malz = C 65.00

# ESTADO ACTUAL DE LAS PLAGAS DEL MAIZ EN EL SALVADOR

J. C. Escobar <sup>1</sup>

## RESUMEN

Durante 1989 y 1990 se llevó el presente trabajo con el objetivo de hacer un diagnóstico sobre los problemas de plagas en el cultivo del maíz, llevándose a cabo el estudio de las Regiones I, II, III de El Salvador. Se realizaron visitas a 32 municipios de 10 Departamentos; se efectuaron muestreos directos en los campos de agricultores y se colectaron adultos e inmaduros de especies no identificadas. También se realizaron entrevistas con extensionistas de las zonas de estudio.

Los resultados mostraron que en el agroecosistema maíz se presentan 64 especies de insectos como los más comunes a nivel de campo y 11 especies, posterior a la madurez fisiológica y el almacén. De estas especies, con 21 de ellas los agricultores toman medidas de control químico, siendo las más importantes Phyllophaga sp, Spodoptera frugiperda, Euethela bidentata, Mocis latipes, Diabrotica spp, Cerotoma spp, Schistocerca piceifrons y los gusanos de alambre. Sin embargo, existen un grupo de plagas que llega a causar daños severos y que no son controladas por su desconocimiento; son ellas:

Listronotus dietrichi (st.)  
Collaria oleosa, Solenopsis,  
Heterotermes y Microcerotermes sp. En este estudio también se encontraron plagas que no habían sido reportadas en el Maíz en El Salvador como Nicentrites, Perichares Prostephanus truncatus y el picudo de la mazorca del maíz.

## INTRODUCCION

Uno de los factores limitantes de la producción de maíz lo constituyen las plagas llegando a ocasionar, en algunos casos, pérdidas que oscilan entre 50 y 90% de las cosechas. Desde 1959, en El Salvador no se realiza un diagnóstico de este problema; de allí que se desconozca de algunas plagas sus efectos, biología, hábitos y consecuentemente de métodos de control que pudieran llegar a implementarse. La identificación de estos problemas es clave para ayudar a reducir y estimular la producción maicera. Por tal razón, se hace necesario un estudio real del complejo de plagas que atacan al cultivo, con el fin de transferir dicha información para así disminuir los daños que provocan. El presente trabajo se llevó a cabo en

---

<sup>1</sup> Técnico. Programa de Maíz. Depto. Granos Básicos. CENTA-MAG. El Salvador.

las Regiones I, II Y III en los años de 1989 y 1990 durante el período de crecimiento del cultivo.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en las Regiones I, II Y III de El Salvador, en donde se visitaron las principales zonas maiceras de cada zona, durante los años 1989 y 1990. En la Región I y en el Departamento de Ahuachapán se han realizado visitas directas a los campos de agricultores de los municipios de Guaymango, Atiquizaya, Turin, El Refugio y Ahuachapán, en el Departamento de Sonsonate se realizaron visitas a campos de los municipios de San Julian, Sonsonate, Izalco y Armenia. En Santa Ana se visitó Chalchuapa, El Congo, Texistepeque y Santa Ana.

En la Región II que incluye los departamentos de La Libertad, Chalatenango, San Salvador y Cuzcatlán se realizaron visitas a campos de agricultores de los municipios de Ateos, San Juan Opico, Ciudad Arce, Colón, La Libertad, Quetzaltepeque, San Salvador, San Martín, Aguilarres, Chalatenango, San Rafael Cedros y Cojutépeque.

En la Región que comprende los departamentos de Cabañas, La Paz y San Vicente se visitaron los municipios de Ilobasco, La Herradura,

San Luis Talpa, Rosario de la Paz, Zacatecoluca, Verapaz, San Vicente, Tecoluca, Santa Cruz Porrillo y Parras Lempa.

### Toma de datos

En la mayoría de los casos se trató de visitar los campos de los agricultores, con el objeto de observar directamente los problemas, los daños, la especie involucrada y efectuar de esta forma el diagnóstico en forma más certera ya que en algunos casos agricultores ó extensionistas localizan equivocadamente ciertos problemas.

En los campos se colectaron los insectos inmaduros en viales con alcohol etílico 70% y los adultos se colectaron con el uso de red y se introdujeron en cámaras letales con cianuro de potasio.

Los insectos que no se pudieron identificar a nivel local se clasificaron a través de la red de diagnóstico de CATIE. También se hicieron consultas a agricultores sobre la frecuencia de los problemas y métodos de control que realizan. Las principales agencias de extensión de la zona de estudio también fueron visitadas, con el propósito de obtener información con extensionistas de cada una ellas.

Se tomaron referencias, también de trabajos sobre aspectos socioeconómicos del

cultivo del maíz que llevó a cabo el Departamento de Validación del CENTA durante 1990, en los municipios de Texistepeque, Atiquizaya, San Vicente y San Esteban Catarina.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se listan las plagas más comunes encontradas en el cultivo del maíz en El Salvador; presentándose 64 especies durante el desarrollo del cultivo y 11 posterior a la madurez fisiológica del grano. De estas especies, los agricultores llegan a decidir medidas de control químico para 21 de ellos. (Cuadro 2), siendo las más importantes el complejo de Phyllophaga spp, el gusano cogollero Spodoptera frugiperda, el carapachudo Eutheola bidentata spp, el complejo de tortuguillas Diabrotica, Cerotoma, Colaspis y Nodonota, el gusano medidor de las gramíneas Mocis latipes, el Chapulin y Schistocerca piceifrons, los gusanos de alambre Aeolus conocerus, la chinche de los pastos Blissus leucopterus y la araña roja Oligonychus sp; No obstante, existe un grupo de plagas que llegan a causar serios daños a los agricultores y que no son controladas por su desconocimiento, son ellas el picudo del tallo de maíz Listronotus dietrichi (st), Collaria oleosa (D), Solenopsis geminata, Heterotermes convexinotatus y Microcerotermis sp.

Otras especies que se encontraron en éste estudio

que no han sido reportadas en El Salvador, son el picudo chico de la mazorca Nicentrites, el enrollador de la hoja Perichares sp, el picudo de la mazorca del maíz que no ha sido identificado y el barrenador mayor del maíz Prostephanus truncatus.

Alguna características sobre las especies más importantes se detallan a continuación:

### Phyllophaga spp

De éste género las especies identificadas en el cultivo de maíz son P. menetriesi, P. latipes, P. elenans, P. dasypoda, y P. vicina. Estas especies han sido reportadas de los municipios de Guaymango, Ahuachapán, Atiquizaya y Turin. En éstos municipios los daños por gallina ciega pueden llegar hasta el 100% y es reconocida por los agricultores de esta zona como la plaga clave del cultivo del maíz.

En otros municipios como San Esteban Catarina Choto de Cerna (1990), la gallina ciega es mencionada como una plaga importante por el 43% de los agricultores y 23% en el municipio de San Vicente. En Texistepeque e.5.9% de los agricultores mencionan a gallina ciega como plaga de importancia.

La gallina ciega es importante en El Salvador más que todo en los suelos franco arcilloso y algunos factores que afectan su control son la eficiencia de insecticidas y

sus formas de aplicación.

### Euetheola bidentada

Este escarabajo, contrario a la gallina ciega, en el estado adulto es que se alimenta del sistema radicular de las plantulas. Algunos municipios donde se encontró como problema son la Herradura, San Luis Talpa, Sonsonate y Texistepeque. En éste último municipio el 38% de los agricultores lo señalaron como la plaga más importante Valle Z (1990) obligandolos en algunas ocasiones a realizar resiembras.

### Spodoptera frugiperda (Smith)

El gusano cogollero sigue siendo una de las plagas más importantes del maíz en El Salvador y en la mayoría de municipios visitados se realizan de 1 a 4 aplicaciones de insecticidas para su control. Su mayor densidad poblacional se presenta en la zona costera del país, especialmente en las siembras tempranas de Mayo o en siembras bajo riego que se realizan en época seca.

El 83% de los agricultores de Atiquizaya, 85% San Vicente, 93% de San Esteban Catarina y 38% Texistepeque lo mencionan como una de las plagas más importantes (Choto de Cerna, MC, 1990; Valle Z. (1990).

### Mocis latipes (Guen)

En el país es una plaga común del maíz y causa mucho

daño en la época seca. Se reporta como una plaga de importancia en los municipios de la Herradura, San Luis Talpa, San Vicente, San Esteban Catarina, Texistepeque y Ahuachapán.

### Tortuguillas

De estos insectos, cuatro son los géneros más abundantes, pero es la Diabrotica balteata la que mayormente se destaca al atacar a las plantulas en sus primeros días de desarrollo. Aunque muchos agricultores no mencionan a las tortuguillas como plagas importantes, estas han sido observados causando estragos en las zonas costeras de los departamentos de La Paz, San Vicente y La Libertad; inclusive fueron detectadas en Zapotitlán, Ateos y Atiquizaya.

### Euxesta major (V.D. WULP)

La mosca del tallo es una plaga que se detectó causando problemas en la zona de Zapotitlán, Ateos, Izalco, San Pedro Perulapán, San Martín y Cojutepeque; las infestaciones se presentan frecuentemente en siembras tardías de finales de junio a mediados de julio Escobar J.C (1984). Muy pocos agricultores conocen los daños por esta plaga por lo que en forma reducida realizan medidas de control.

### Listronotus dietrichi (ST)

Es conocido como el picudo del tallo del maíz y ataca al cultivo en el estado



de plantula, causando la muerte de estas. Es una plaga desconocida por agricultores y extensionistas y sus daños pasan desapercibidos. En la zona costera de los departamentos de La Paz, San Vicente y La Libertad causa la muerte del 5 al 30% de las plantas Escobar B (1989), aunque también se encuentra distribuido en las zonas de Ateos, Armenia, Zapotitlán, Guaymango y Chalatenango. En éste último lugar se encontró un daño del 10 al 20% entre las plantas.

#### Collaria oleosa (DISTANT)

También es una plaga desconocida y está causando severos daños en la zona de Zapotitán, tanto en la época seca como lluviosa. Las ninfas y adultos succionan savia y decoloran las hojas, causando un punto blanco, que retrasa el crecimiento normal de las plantas.

#### **Termitas**

En El Salvador, Reyes et al (1989), reportaron las especies Heterotermes convexinotatus y Microcero-termes atacando el cultivo del maíz en forma tardía; aunque en este estudio se observó ataque de termitas en plantulas de 10 a 20 días después de la siembra, causando marchitez y muerte. Estos problemas han sido observados en Santa Cruz Porrillo, cantón El Zunca de Atiquizaya y San Antonio Camino y Llano Achichilco del municipio de San Vicente. En este último municipio el 18% de los agricultores las re-

portan como plagas importantes, Choto de Cerna (1990).

#### **Nuevos reportes en maíz**

En éste estudio se encontraron las especies Nicentrites (picudo chico del maíz) en la zona de las pilas, Chalatenango, Perichares sp (enrollador de la hoja del maíz) que se encontró en la zona costera del departamento de La Paz y el picudo de la mazorca del maíz. De éste último no se ha encontrado en la literatura ninguna especie de curculionido que ataque la mazorca y fue encontrado en Zapotitlán y Atiquizaya. En muestreos realizados se encontraron hasta 76% de de mazorcas infestadas y se hallaron hasta 8 larvas por mazorca. La mayor incidencia de éste picudo se encontró a los 81 DDS y deja la mazorca para pupar. En los primeros estudios la larva se alimenta de la base de los granos y a medida crecen barreran el elote en forma transversal y longitudinalmente.

#### **CONCLUSIONES**

En el cultivo del maíz existen 21 especies de insectos que los agricultores deciden medidas de control químico siendo los más importantes Phyllophaga spp, Spodoptera frugiperda, Euethela, Mocis latipes, el complejo de tortuguillas, Schistocerna piceifrons y los gusanos de alambre.

También existen plagas que causan severos daños y

que no son controladas por su desconocimiento y son ellos Listronotus dietrichi, Collaria oleosa, Solenopsis, Heterotermes y Microcerotermes.

En este estudio se encontraron plagas que antes no habían sido reportadas en el país y son ellos Perichares sp, Prostephanus truncatus, Nicentrites sp y el picudo de la mazorca.

Se encontraron 64 especies de insectos como los más comunes a nivel de campo y 11 especies posterior a la madurez fisiológica y el almacén.

#### BIBLIOGRAFIA

BERRY P. y SALAZAR V.M. 1957. Lista de insectos clasificados en El Salvador, MAG, Boletín Técnico N° 21 134 p.

\_\_\_\_\_ 1959. Segunda lista de insectos clasificados en El Salvador, MAG, Boletín Técnico N° 25 89 p.

\_\_\_\_\_ 1959. Etimología económica de El Salvador, MAG, Boletín Técnico N° 24 113 pp.

CHOTO DE CERNA M. C. 1990. Diagnóstico Agrosocioeconómico de Pequeños Agricultores de Maíz. Frijol de los Municipios de Atiquizaya, San Vicente y San Esteban Catarina, CENTA, MAG, El Salvador.

ESCOBAR BETANCOURT J. C. 1984. Introducción al Manejo Integrado de Plagas del Maíz

y Sorgo MAG-IICA, N° 348, El Salvador 35 p.

BONILLA P. Y HERNANDEZ E. 1986. Identificación y Fluctuación Poblacional de Insectos y Hongos en el Cultivo del Maíz en El Salvador. In XXXII Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, El Salvador, 17-21 de marzo de 1986. CENTA-MAG vol. Maíz M 7 1-17.

\_\_\_\_\_ 1989. Estudio de la fluctuación Poblacional y Daños del Picudo del Tallo del Maíz Listronotus dietrichi (st) en El Salvador. In: XXXIV Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, El Salvador 26-30 de marzo de 1990. Memoria de Resúmenes.

REYES R. et al. 1989. Estimación de pérdidas en rendimiento de granos causado por gusanos barrenadores del tallo Diatraea lineolata y termitas Heterotermes convexinotatus en el sistema MA. 17 - Sorgo. Revista MIP-CATIE N° 14, 18-30 pp.

VALLE ZELEDON 1990. Diagnóstico Agrosocioeconómico de Pequeños Agricultores de Maíz del Municipio de Texistepeque, CENTA, MAG, El Salvador.

CUADRO 1. CLASIFICACION DE LAS PLAGAS MAS COMUNES ENCONTRADAS EN EL CULTIVO DEL MAIZ DE ACUERDO AL ESTADO DE DESARROLLO EN QUE SU ATAQUE ES DE MAYOR IMPORTANCIA. EL SALVADOR. 1990.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	FAMILIA
<b>A. PLAGAS DEL SUELO</b>		
<i>Phyllophaga menetriesi</i> (Blanchi)	Gallina Ciega	Scarabacidae, Col.
<i>Phyllophaga latipes</i> (Bates)	Gallina Ciega	Scarabacidae, Col.
<i>Phyllophaga elenans</i> (Saylor)	Gallina Ciega	Scarabacidae, Col.
<i>Phyllophaga dasypoda</i> (Bates)	Gallina Ciega	Scarabacidae, Col.
<i>Phyllophaga parvisetis</i> (Bates)	Gallina Ciega	Scarabacidae, Col.
<i>Phyllophaga vicina</i> (Moser)	Gallina Ciega	Scarabacidae, Col.
<i>Anomala inconstans</i>	Gallina Ciega	Scarabacidae, Col.
<i>Euetheola bidentata</i> (Burm.)	Carapachudo	Scarabacidae, Col.
<i>Aeolus</i> sp	Gusano alambre	Scarabacidae, Col.
<i>Conoderus</i> sp	Gusano alambre	Scarabacidae, Col.
<b>B. PLAGAS DEL ESTADO PLANTULA</b>		
<i>Feltia subterranea</i> (F.)	Cortadores	Noctuidae, Lep.
<i>Agrotis ipsylon</i> (Hufn)	Cortadores	Noctuidae, Lep.
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)	Cogollero	Noctuidae, Lep.
<i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Zeller)	Coralillo	Pyralidae, Lep.
<i>Loxostege similalis</i>	Telarañero	Pyralidae, Lep.
<i>Listronotus dietrichi</i> (Stockton)	Picudo del tallo	Curculionidae, Col.
<i>Sphenophorus</i> sp	Picudo del tallo	Curculionidae, Col.
<i>Diabrotica balteata</i> (Leconte)	Tortuguilla	Chrysomelidae, Col.
<i>Diabrotica nummularis</i> (Harald)	Tortuguilla	Chrysomelidae, Col.
<i>Diabrotica viridula</i> (F.)	Tortuguilla	Chrysomelidae, Col.
<i>Diabrotica ocellata</i> (Harold)	Tortuguilla	Chrysomelidae, Col.
<i>Cerotoma ruficornis</i> (Oliv.)	Tortuguilla	Chrysomelidae, Col.
<i>Cerotoma</i> sp	Tortuguilla	Chrysomelidae, Col.
<i>Colaspis hypochlora</i> (Lef.)	Tortuguilla	Chrysomelidae, Col.
<i>Nodonota</i> sp	Tortuguilla	Chrysomelidae, Col.
<i>Solenopsis geminata</i> (F.)	Hormiga	Formicidae, Hym.
<i>Microcerotermes</i> sp	Termita	Termitae, Isopt.
<i>Euxesta major</i> (Nulp.)	Mosca del tallo	Otitidae, Dip.
<i>Blissus leucopterus</i> (Say)	Chinche de los pastos	Lygacidae, Hem.
<i>Dalbulus maidis</i> (DeLong.)	Chicharrita	Cicadellidae, Hom.
<i>Hortensia similis</i> (Walk)	Cigarrita	Cicadellidae, Hom.
<i>Draeculacephala minerva</i> (Ball)	Cigarrita	Cicadellidae, Hom.
<i>Peregrinus maidis</i> (Ashm.)	Cigarrita	Delphacidae, Hom.
<i>Heterotermes convexinotatus</i> (s)	Termita	Rhinotermitidae, Isopt.

C. PLAGAS DEL ESTADO DE FORMACION DE COGOLLERO

<i>Diatraea lineolata</i> (W)	Barrenador del maíz	Pyralidae, Lep.
<i>Diatraea saccharalis</i> (F.)	Barrenador caña de azúcar	Pyralidae, Lep.
<i>Geraeus senilis</i>	Picudo de la hoja	Curculionidae, Col.
<i>Nicentrites</i> sp	Picudo chico del maíz	Curculionidae, Col.
<i>Pantomorus femoratus</i>	Picudo de la hoja	Curculionidae, Col.
<i>Chaectocnema confinis</i> (Crotch)	Pulga saltona	Chrysomelidae, Col.
<i>Aeneolamia postica</i> (Walk)	Salivazo	Cercopidae, Hom.
<i>Agrosoma proxima</i>	Cigarrita	Cicadellidae, Hom.
<i>Erythrogonia</i> sp	Cigarrita	Cicadellidae, Hom.
<i>Collaria oleosa</i> (Distant.)	Chinche de la hoja	Miridae, Hem.
<i>Nersia florens</i>	Cigarrita	Dictyopharidae, Hom.
<i>Mocis latipes</i> (Guen.)	Medidor del maíz	Noctuidae, Lep.
<i>Stigmene acraea</i> (Drury)	Gusano peludo	Arctiidae, Lep.
<i>Oligonychus</i>	Araña roja	Tetranychidae, Acar.
<i>Perichares corideon</i> (F.)	Enrollador de hoja	Hesperidae, Lep.
<i>Schistocerca piceifrons</i> (Walk)	Chapulín	Acrididae, Orthop.

D. PLAGAS DE LA ETAPA DE ESPIGANIENTO

<i>Aphis maidis</i> (Fitch)	Afidos	Aphididae, Hom.
<i>Promecops</i> sp	Picudo	Curculionidae, Col.

E. PLAGAS DE LA ETAPA DE LLENADO DEL GRANO

<i>Heliothis zea</i> (Boddie)	Elotero	Noctuidae, Lep.
<i>Podishnus agenor</i>	Escarabajo rinoceronte	Scarabacidae, Col.
<i>Conotelus stedoides</i> (M)		Nitidulidae, Col.
<i>Carpophilus latinasus</i>	Gorgojo de la savia	Nitidulidae, Col.
<i>Carpophilus dimidiatus</i>	Gorgojo de la savia	Nitidulidae, Col.
<i>Colopterus macropterus</i> (F.)	Gorgojo de la savia	Nitidulidae, Col.
<i>Colopterus posticus</i> (Erichson)	Gorgojo de la savia	Nitidulidae, Col.
<i>Euphoria geminata</i>	Escarabajo	Scarabacidae, Col.
Picudo de la mazorca del maíz	Picudo	Curculionidae, Col.
<i>Rattus norvegicus</i>	Rata de campo	
<i>Pococera</i> sp	Gusano de la mazorca	Pyralidae, Lep.
<i>Euxesta stigmatias</i>	Mosca de la mazorca	Otitidae, Dip.

F. PLAGAS ETAPA SECADO DEL GRANO (Período)

<i>Sitophilus zea mays</i> (M.)	Gorgojo del maíz	Curculionidae, Col.
<i>Sitophilus orizae</i>	Gorgojo del arroz	Curculionidae, Col.
<i>Cathartus quadricollis</i> (G.M.)	Gorgojo cuello cuadrado	Cucujidae, Col.
<i>Laemophloeus</i> sp	Gorgojo aplanado	Cucujidae, Col.
<i>Rhyzoperta dominica</i> (F.)	Gorgojo capuchino	Bostrichidae, Col.
<i>Prostephanus truncatus</i> (Horn.)	Gorgojo mayor del maíz	Bostrichidae, Col.
<i>Moodna bisinuella</i>	Gusano morado	Pyralidae, Lep.
<i>Sathrobrotia rileyi</i> (W.)	Gusano rosado	Cosmopterygidae, Lep.
<i>Sitotroga cerealella</i> (Oliver)	Palomilla de los cereales	Gelechiidae, Lep.
<i>Plodia interpunctella</i> (H.)	Polilla bandeada	Gelechiidae, Lep.
<i>Tribolium</i> sp	53 Gorgojo de la harina	Tenebrionidae, Col.

CUADRO 2. LISTADO DE PLAGAS DEL CULTIVO DEL MAIZ POR LAS CUALES LOS AGRICULTORES DECIDEN MAS DE UNA APLICACION DE INSECTICIDA. EL SALVADOR, 1990.

ESPECIE	NOMBRE COMUN
<i>Phyllophaga menetriesi</i> (Blanch)	Gallina Ciega
<i>Phyllophaga eleanans</i> (Saylor)	Gallina Ciega
<i>Phyllophaga dasypoda</i> (Bates)	Gallina Ciega
<i>Phyllophaga parvisetis</i> (Bates)	Gallina Ciega
<i>Phyllophaga vicina</i> (Moser)	Gallina Ciega
<i>Phyllophaga latipes</i> (Bates)	Gallina Ciega
<i>Euethela bidentata</i> (Burm)	Carapachudo
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)	Cogollero
<i>Mocis latipes</i>	Medidor de las gramíneas
<i>Diabrotica balteata</i> (Leconte)	Tortuguilla
<i>Diabrotica</i> sp	Tortuguilla
<i>Ceratomya ruficornis</i> (Oliv.)	Tortuguilla
<i>Ceratomya</i> sp	Tortuguilla
<i>Colaspis hypochlora</i> (Lef.)	Tortuguilla
<i>Nodonota</i> sp	Tortuguilla
<i>Euxesta major</i> (Wulp.)	Mosca del tallo
<i>Schistocerca piceifrons</i> (Walk.)	Chapulín
<i>Blissus leucopterus</i> (Say)	Chinche de los pastos
<i>Aedus</i> sp	Gusano de alambre
<i>Conoderus</i> sp	Gusano de alambre
<i>Oligonychus</i>	Araña roja

CUADRO 3. PLAGAS QUE CAUSAN DAÑOS AL CULTIVO DE MAIZ Y QUE NO SON CONTROLADAS POR LOS AGRICULTORES POR SU DESCONOCIMIENTO. EL SALVADOR, 1990.

ESPECIE	NOMBRE COMUN
<i>Listronotus dietrichi</i> (Stockton)	Picudo del tallo
<i>Solenopsis geminata</i> (F.)	Hormiga
<i>Heterotermes convexinotatus</i> (S)	Termita
<i>Microcerotermes</i> sp	Termita
<i>Collaria oleosa</i>	Chinche de la hoja

CUADRO 4. PLAGAS ENCONTRADAS EN EL CULTIVO DEL MAIZ QUE NO HAN SIDO REPORTADAS EN EL SALVADOR, 1990.

ESPECIE	NOMBRE COMUN
<i>Perichares</i> sp	Enrollador de la hoja
<i>Prostephanus truncatus</i>	Barrenador mayor del maiz
Picudo de la mazorca	Picudo
<i>Nicentrites</i> sp	Picudo chico del maiz

# EVALUACION DE PERDIDAS EN MAIZ (*Zea mays*) POR INCIDENCIA DE PLAGAS EN SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO A NIVEL RURAL

C. A. Arias, J.C. Garcia, G. Valladares, R. A. Santamaria A. <sup>1</sup>

## RESUMEN

Las pérdidas ocasionadas al maíz almacenado por las diferentes plagas que lo atacan son considerables calculándose en un 21% a nivel nacional, éstas son producidas por insectos, hongos y roedores y el grado de daño depende de las condiciones físicas predominantes dentro y fuera del grano.

Con el objeto de determinar los porcentajes reales de pérdidas y la identificación de insectos y hongos que más daño ocasionan al maíz almacenado, se instaló el presente trabajo en dos zonas del país, en las Regiones I y III; evaluándose dos sistemas de almacenamiento: en trojas y graneros metálicos en los meses de septiembre y diciembre de 1990, respectivamente.

En cuanto a los resultados, las pérdidas para la zona de San Vicente en promedio fueron de 2.87% por insectos y 0.60% por hongos y en la zona de Ahuachapán, los insectos causaron una pérdida de 0.4% y los hongos 1.41%.

En el sistema de granero metálico las pérdidas fueron menores para San Vicente

0.37% por insectos y 0.35% por hongos y en Ahuachapán 0.23 y 0.20% por insectos y hongos, respectivamente.

Los insectos identificados fueron *Sitophilus* sp, *Carpophilus* sp, *Catartus* sp y *Tribolium* sp; en cuanto a los hongos: *Fusarium moniliforme*, *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Botryodiplodia Theobromae*, *Diplodia* sp, *Nigrospora* sp y *Colletotrichum* sp; para las dos zonas del país y los sistemas de almacenamiento evaluados.

## INTRODUCCION

Los granos de maíz al ser almacenados se convierten en un ecosistema artificial, en donde los organismos vivos y el medio ambiente que los rodea interactúan, ocasionando el deterioro de los mismos.

El maíz es uno de los granos básicos más importantes en El Salvador debido al enorme papel que juega en la alimentación diaria de la población en general; como todo cultivo, no se escapa al ataque de plagas que va desde la siembra hasta su almacenamiento.

<sup>1</sup> Técnicos Investigadores. Depto. de Parasitología Vegetal. CENTA.

La causal de pérdidas en el almacenamiento, se debe al ataque de insectos, roedores y hongos; el grado de daño dependerá de las condiciones físicas y químicas predominantes dentro y fuera del grano, los factores físicos más importantes son la humedad y la temperatura.

Los insectos ocasionan una pérdida de peso debido a que sus larvas y algunos adultos se alimentan directamente del grano, también bajan la calidad del producto, afectan el poder germinativo de la semilla y aumentan en la temperatura del grano facilitando la proliferación de hongos.

Los principales daños que originan los hongos son: disminución de la germinación, calentamiento, decoloración del grano, daños biológicos, posible producción de toxinas y pérdidas de materia seca.

Las pérdidas de maíz son relativamente grandes en El Salvador, y como no existen muchos trabajos relacionados con la estimación de pérdidas en el almacenamiento del producto, se ha realizado el presente trabajo que tiene como miras a determinar las pérdidas reales e identificar los insectos y hongos que más daño causan.

#### **REVISION DE LITERATURA**

Los insectos y hongos de granos almacenados, constituyen un serio problema y son los principales causantes del deterioro de los granos, así

lo demuestran Hall (1971) y la Misión GIDA/ALC (Matteu, 1984), que en San Salvador calcularon que las pérdidas en el maíz fueron del 21%, observando que si se almacena en graneros metálicos las pérdidas a nivel de finca se calculan en un 5%, en cambio si la humedad y temperatura son muy altas y no hay uso de pesticidas las pérdidas son de hasta un 50%.

Granovski (1979), evaluó pérdidas en maíz desde la dobla a la cosecha y encontró que la mayor causa de pérdidas en el grano la ocasionaron los hongos, roedores e insectos.

En 1975, Schoonhoven menciona que la sanidad es una medida que contribuye en el control de los insectos que atacan los granos almacenados. Según Champ y Dite (1976), los principales efectos de los ataques de los insectos son, la pérdida de peso, la disminución del poder germinativo y los cambios resultantes de un calentamiento espontáneo debido a la actividad de los insectos y que pueden tener por efecto un ataque de hongos. En Perú, De la Torre (1973), menciona que se pierden 750 millones de soles anuales, debido a diferentes técnicas de almacenamiento de granos por efecto de la interacción de factores tales como: humedad, temperatura, insectos, hongos y roedores. Las muestras deben ser tomadas en puntos diferentes y no deben de ser menor de 0.5 kg, Monro (1970).

Bastos (1967), determinó que las bolsas de polietileno de 1x10-3mm de grueso no fueron penetradas por Sitophylus zeamais.

Existen diferentes métodos de medición de pérdidas los cuales son descritos por Harris y Lindblad, citados por Restrepo (1985), donde se menciona que existen procedimientos, para medir las pérdidas de peso ocasionados por los insectos y hongos desarrollando y aplicando fórmulas para tal fin.

#### MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los deptos. de Ahuachapán y San Vicente en las Regiones I y III de El Salvador, a una altura de 725 y 525 msnm respectivamente.

El estudio se realizó de septiembre de 1990 a enero de 1991, evaluándose el sistema de almacenamiento en troja (maíz H-56 en mazorca) y en diciembre de 1990, el de granero metálico (maíz H-3).

El equipo utilizado para realizar los muestreos y análisis de calidad son: sondas de 8 alveolos, balanza de precisión, divisor, divisor de precisión determinador de humedad, criba de 12/64 pulgadas y bandeja de fondo.

El tamaño de las muestras para la toma de datos fue de 2 lb de grano. Los datos tomados fueron: porcentaje de humedad, número de

granos dañados por insectos y hongos, granos sanos. Se consideró grano dañado aquel que presentaba orificios o un daño a simple vista y los que presentaban pudriciones.

El porcentaje de grano dañado por insectos fue calculado mediante la fórmula:

$$\%GRANO \text{ DAÑADO} = \frac{N^{\circ} \text{ Granos dañados}}{N^{\circ} \text{ total granos contados}} \times 100$$

Para el daño por hongos:

$$\%GRANO \text{ DAÑADO} = \frac{N^{\circ} \text{ Granos } c/hongos}{N^{\circ} \text{ total granos en la muestra}} \times 100$$

Después de calculado el porcentaje, se dividió por un factor de corrección (F.C.) que ha sido establecido en la práctica, el cual es: f.c. = 8 y nos determinó la pérdida de peso en porcentaje para cada caso, Harris y Lindblad (1976) y Restrepo (1985).

Se enviaron muestras de insectos y granos con hongos a los laboratorios de entomología y fitopatología de CENTA, para su identificación respectiva.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

##### Sistema de almacenamiento en troja

Los resultados mostraron que las pérdidas causadas por insectos tienden a incrementarse entre mayor sea el período de almacenamiento de



maíz, en cambio, las pérdidas que ejercen los hongos tienden a disminuir, (Cuadro 1).

En San Vicente (Región III), para Apastepeque la pérdida total fue de 3.27%, de la cual 2.53% es por insecto y 0.74% por hongos en 126 días de almacén (4.8 meses).

En San Cayetano Istepeque, el período de almacenaje duró 84 días (2.8 meses) y los valores presentados fueron 3.22% por insectos y 0.45% por hongos, para un total de 3.67% de pérdida en peso.

En Ahuachapán (Región I), para Atiquizaya, las pérdidas por insectos fue de 0.33% y para hongos 1.92%, totalizando 2.25%, el almacenamiento duró 49 días (1.6 meses). En la Cooperativa San Raymundo (Ahuachapán) se calculó 1.38% del daño total, correspondiendo el 0.47% por insectos y 0.91% para hongos en un mes de almacén.

En cuanto a insectos, Carpophilus sp. se presentó al inicio, juntamente con Sitophilus sp., éste produjo mayor porcentaje de daño; a mediados del almacenaje aparecieron Catartus sp. y Tribolium sp. Los hongos predominantes en San Vicente fueron: Fusarium moniliforme, Diplodia sp, Penicillium sp, Aspergillus flavus, Botryodiplodia theobromae y Colletotrichum sp; en Ahuachapán se presentaron: Fusarium moniliforme,

Aspergillus sp, Penicillium sp, Botryodiplodia theobromae, Diplodia sp, Nigrospora sp y Colletotrichum sp.

#### Sistema de almacenamiento de granos (silo)

Al igual que en el sistema anterior, las pérdidas aumentan a medida que avanza el período de almacenamiento, con la observación de que en los graneros el aumento es un poco más lento (Cuadro 2).

En San Vicente, para Verapaz la pérdida hasta el momento es de 0.35% por insecto y 0.28% por hongos haciendo un total de 0.63% (1.9 meses de almacenaje).

En San Cayetano Istepeque, la pérdida es de 0.74 y 0.10% por insecto y hongos respectivamente, con un total de 0.84% (1.9 meses de almacén).

En Ahuachapán, para Atiquizaya tenemos un total de 0.85% de pérdidas de la cual 0.45% es causada por insectos y 0.40% por hongos, en un período de almacenamiento de 1.9 meses, (Cuadro 2).

En este sistema, Sitophilus sp es el causante de la mayor parte de los daños por insectos, esporádicamente aparecieron algunos Carpophilus sp; no se presentó hasta el momento daño de palomillas.

Entre los hongos tenemos Fusarium moniliforme, Penicillium sp., Aspergillus sp.

## CONCLUSIONES

Hasta el momento, el sistema de almacenamiento en troja sufre un mayor ataque de daño por insecto y hongos, debido a que el producto queda al aire libre, permitiendo una mayor penetración de insectos, el total de las pérdidas es de 3.47% de promedio para la zona de San Vicente y de 1.82% para la zona de Ahuachapán (Cuadro 1).

En graneros metálicos, las pérdidas son menores, por el uso de fumigantes que en el sistema de troja no se puede hacer, por quedar al aire libre (Cuadro 2), 0.77% para la zona de San Vicente y 0.43% para Ahuachapán.

Los insectos son la principal causa de las pérdidas y el que más daño ocasiona es Sitophilus sp. Los principales hongos de acuerdo a los datos obtenidos eran: Fusarium moniliforme para las dos localidades y siguiéndole Penicillium sp y Aspergillus flavus, y otros que causan menos daño. Los roedores no causaron ningún daño al maíz en ninguno de los dos sistemas de almacenaje.

## RECOMENDACIONES

Cuando se almacene el maíz en trojas hay que hacer aplicaciones frecuentes (1 por semana) de insecticidas como Pirimifos Metil ya sea en polvo o líquido.

En graneros metálicos se debe almacenar el maíz lo más

limpio posible y libre de impurezas.

Seguir realizando trabajos de investigación sobre este tema y utilizar un diseño estadístico.

## BIBLIOGRAFIA

BASTOS, J. A. M. 1967. Protección de Empaques contra el ataque del gorgojo del frijol y del maíz. Fortaleza, Brasil, Universidad Federal do Ceará, Escola de Agronomía. Port, Res. Port. Engl.

CHAMP, B. R. y DITE, C. E. 1976. Susceptibilidad a los insecticidas de las plagas de granos almacenados. Colección F.A.O., Roma, Italia 356 p.

DE LA TORRE, G. 1973. Conservación técnica de granos alimenticios centro Regional de Ayuda Técnica (A.I.D.). U.S.A..

GRANOVSKY, T. A. 1979. Evaluación de pérdidas post-cosecha control Integrado de plagas en sistemas de producción de cultivos para pequeños Agricultores. CATIE, Turrialba, Costa Rica 275 p.

HALL, D.W. 1971. Manipulación y Almacenamiento de granos Alimenticios en las zonas Tropicales y subtropicales cuadernos de fomento Agropecuario N° 90. F.A.O. Roma, Italia p.19-23 y 29.

HARRIS, K.L. and LINDBLAD, C.J. 1976. Postharvest grain Loss Assessment Methods A Manual of Methods for the

evaluation of postharvest  
Losses. U.S. A.I.D. P.15-30

**MATHEU, C. R. 1984.** Mesa  
Redonda Latinoamericana sobre  
Perdas Pós-colheita de Gras.  
1. Vicosá, M. G. Brasil p.41.

**MONRO, H.A.V. 1984.** Manual de  
fumigación contra insectos,  
colección F.A.O., Roma,  
Italia

**RESTREPO S., C.T. 1975.**  
Manejo, secado y  
Almacenamiento de Granos  
cereales y oleaginosas.  
Memorias Curso Internacional,  
IDEMA, CIAT. Palmira - Valle  
del Cauca - Colombia p. 19-  
30.

**SCHOONHOVEN, A.V. 1975.**  
Plagas del Frijol Común  
Phaseolus Vulgaris L. Resumen  
Entomológico de frijol CIAT.  
Feb. Cali, Colombia p. 9.

CUADRO 1. PROMEDIO DE PERDIDA DE PESO EN PORCENTAJE, POR INSECTOS Y HONGOS; CONTRA DIAS DE ALMACENAMIENTO. REGIONES III Y I DE EL SALVADOR, SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN TROJAS.

DIAS DE ALMACEN	DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE						DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN					
	APASTEPEQUE			SAN CAYETANO ISTEPEQUE			ATIQUIZAYA			AHUCHAPAN		
	INSECTO	HONGOS	PERDIDA TOTAL	INSECTO	HONGOS	PERDIDA TOTAL	INSECTO	HONGOS	PERDIDA TOTAL	INSECTO	HONGOS	PERDIDA TOTAL
0	0.06	0.20	0.26	0.14	0.05	0.19	0.30	0.34	0.64	0.10	2.33	2.43
7	0.11	0.33	0.44	0.12	0.91	1.03	0.36	0.90	1.26	0.16	0.37	0.53
14	0.07	1.26	1.33	0.02	0.70	0.72	0.56	0.70	1.26	0.26	1.22	1.48
21	0.07	1.06	1.13	0.17	1.19	1.36	0.38	1.27	1.65	-	-	-
28	0.08	0.69	0.77	0.12	0.89	1.01	0.43	0.95	1.38	0.47	0.91	1.38*
35	0.27	0.44	0.71	0.09	0.61	0.70	0.56	0.86	1.42			
49	0.17	0.82	0.99	0.17	0.55	0.72	0.33	1.99	2.25*			
56	0.20	1.00	1.20	0.48	1.05	1.53						
65	0.32	0.78	1.10	0.70	0.20	0.90						
77	0.90	0.31	1.21	0.64	0.32	0.96						
84	0.79	0.45	1.24	3.22	0.45	3.67*						
91	0.98	0.25	1.23									
98	0.90	0.14	1.04									
126	2.53	0.74	3.27									

\* Se suspendió el almacenamiento debido a que los agricultores lo vendieron.

CUADRO 2. PROMEDIOS DE PERDIDAS DE PESO EN PORCENTAJE, POR INSECTOS Y HONGOS, CONTRA DIAS DE ALMACENAMIENTO. REGIONES III Y I DE EL SALVADOR, SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN GRANERO METALICO.

DIAS DE ALMACEN	DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE						DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN		
	VERAPAZ			SAN CAYETANO ISTEPEQUE			ATIQUIZAYA		
	INSECTO	HONGOS	PERDIDA TOTAL	INSECTO	HONGOS	PERDIDA TOTAL	INSECTO	HONGOS	PERDIDA TOTAL
0	0.13	0.33	0.46	0.29	0.28	0.57	0.27	0.33	0.60
7	0.24	0.14	0.38	0.30	0.24	0.54			
35	0.11	0.60	0.71	0.37	0.19	0.56	0.46	0.36	0.41
42	0.21	0.72	0.93	0.36	0.24	0.60	0.40	0.40	0.80
49	0.34	0.43	0.77	0.39	0.27	0.66	0.24	0.25	0.42
56	0.35	0.28	0.63	0.74	0.10	0.84	0.45	0.40	0.85

**NIVELES DE DAÑO Y PERDIDAS EN EL RENDIMIENTO CAUSADAS  
POR EL COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda* Smith)  
EN EL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays* L.)**

M. O. Guerrero Q. <sup>1</sup>

**RESUMEN**

Para determinar umbrales permisibles de daño causado por el cogollero en la fase vegetativa del maíz, se ejecutaron ensayos de campo en la siembra de primera (mayo-agosto de 1989) en Zapotitán (dept. La Libertad 450 msnm, temperatura media anual 23.8 C); en Astoria (dept. La Paz 40 msnm, temperatura media anual 27.9 C) y nuevamente en Zapotitán en 1990.

El período vegetativo del maíz se dividió en 2 fases equitemporales: fase 1 desde 1-25 días después de emergido (dde) y fase 2 desde 26 dde hasta el espiguelo a los 50 dde. Durante éstas fases se intentó no exceder el 20% y el 50% de daño natural por cogollero. La subida de daño más allá de éstos niveles se contrarrestó mediante aplicaciones de Phoxim G 2.5 a razón de 8 kg/ha dirigidas al cogollo. Los umbrales de daño consistieron en el porcentaje de cogollos con daño fresco de cogollero. Se aplicaron 7 tratamientos: (1) 20% daño en fase 1 y 2; (2) 20% en fase 2; (3) 50% en fase 1 y 2; (4) 50% en fase 2; (5) protección

continua con insecticida granular; (6) frecuencia de control cuando lo hizo el agricultor, y (7) testigo sin control químico. En 1989, estos tratamientos se establecieron en parcelas de 648 m<sup>2</sup> como lote demostrativo sin diseño estadístico. En 1990, se adicionaron 4 tratamientos a los de 1989: (8) 20% de daño en fase 1; (9) 50% en fase 1; (10) protección química en fase 1; (11) protección química en fase 2. Todos los tratamientos se repitieron 4 veces en parcelas de 42.5 m<sup>2</sup>, en bloques completos al azar. Se muestreó el daño de las parcelas 3 veces por semana, y se graficó sobre la abscisa del tiempo. Se calcularon las áreas debajo de las curvas según Ruppel (1989), obteniendo daño-días acumulados. Estos se sometieron al análisis de varianza, separando los tratamientos por la prueba de Duncan.

Los rendimientos de cada parcela se estimaron cosechando tramos de surco de 1/5000 mz, 10 por parcela en 1989, 5 en 1990. Los granos dañados por insectos y microorganismos se conside-

<sup>1</sup> Técnico. Programa de Maíz, Depto. de Granos Básicos CENTA-MAG. El Salvador 1990.

raron como sanos, agregando su peso sano estimado al rendimiento total, para medir únicamente el efecto de la defoliación por cogollero. Los rendimientos así ajustados se correlacionaron con los niveles de daño real observado. En Astoria (1990), el rendimiento no fue afectado, sino en la fase 1 el daño no superó el 50% y en la fase 2 no excedió el 25% de cogollos dañados. En Zapotitán (1990), las cifras respectivas fueron el 35% y 15%. En este año la fase 2 fue susceptible al daño por cogollero.

En Zapotitán 1989, la tendencia fue al revés: la fase 2 resultó la tolerante. El cultivo sufrió un fuerte estrés de sequía en la fase 2; se hipotetizó que la merma en área foliar causada por cogollero redujo la evapotranspiración de las plantas aliviando el impacto de la sequía.

En las regresiones de % de daño (X) con los rendimientos (Y) resultó en Zapotitán 1989  $Y=3889.1-6.3X$ , para 1990  $Y=6234.6-15.17X$ ; para Astoria  $Y=5922.9-2.54X$ .

En Astoria con su clima más cálido, el daño de cogollero fue menos perjudicial. Una de las causas responsables serían probablemente, la mayor velocidad de desarrollo de las plantas; el cogollero tuvo menos días para efectuar daño. La mayor infestación de cogollero se observó en la fase 1 en ambas localidades (1990), en la

fase 2 ocurrió otro ascenso en la infestación de menor magnitud. Bajo éste patrón de infestación, el beneficio máximo del control resultó (a) en Astoria con 2 aplicaciones de Phoxim G 2.5, la primera a los 15 dde, la segunda a los 30 dde (b) en Zapotitán (fase vegetativa 10 días más larga) con 3 aplicaciones, a los 15, 25 y 40 dde.

## INTRODUCCION

El gusano cogollero Spodoptera frugiperda Smith representa la principal plaga defoliaria del cultivo del maíz en El Salvador. Por ello, se buscan estimar los umbrales de daño permisible con lo que se llegará a conocer el período vegetativo del cultivo en que el daño del cogollero afecta el rendimiento significativamente. Esta plaga recibe mayor número de aplicaciones de insecticida provocando el incremento de los costos, deterioro del ambiente y destrucción de los enemigos naturales.

Los objetivos del trabajo fueron: determinar los períodos de la fase vegetativa del maíz, en los cuales la planta es tolerante o susceptible al daño; el período en que se registran los mayores niveles de daño, afectando al rendimiento y el costo de control en cada uno de los tratamientos.

## REVISION DE LITERATURA

Las plantas más jóvenes de maíz son susceptibles al daño del gusano cogollero

Spodoptera frugiperda Smith, al aplicar un tratamiento cuyo nivel de daño al 20%, se obtuvo un 39%, y con uno del 50% se obtuvo un 60%; encontrándose que no existe diferencia significativa en la producción, en los niveles de daño al 20, 50% y testigo. En conclusión, una plantación puede tolerar hasta un 50% de daño después de 15 días de germinado, Obando (1987).

El ataque natural del cogollero inhibe la polinización si aparece antes de la floración; pero si ataca después de que la planta haya expulsado el polen, el daño no es económico, Dardon Santiago (1981).

El estado de desarrollo de la planta de maíz afecta la cantidad y la forma del daño causado por las larvas de cogollero. Si las plantas de maíz son atacadas cuando pequeñas, las larvas pueden penetrar al corazón y la planta puede morir. El maíz es, particularmente, susceptible a una reducción de la cosecha por la defoliación, especialmente en los primeros estados de desarrollo, nuevamente cuando deben aparecer las inflorescencias. Cuando emergen éstas en los verticilios de las hojas, las larvas pierden su lugar de protección y se trasladan hacia abajo en la planta barrenando dentro de la mazorca.

El gusano cogollero reduce la cosecha por la destrucción del follaje, de los granos, del punto apical, de los órganos florales dando

como resultado una fertilización incompleta, debilitamiento de los tallos, y la disminución de la calidad de los productos alimenticios de consumo humano Kranz, Schmutterer, Koch (1982).

## MATERIALES Y METODOS

### Daño natural

El trabajo se instaló en las localidades de Zapotitán, Ciudad Arce, La Libertad, a una altura de 450 msnm, con 1615 ml de lluvia anual promedio, temperatura media anual 23.8°C; y en la Cooperativa Astoria, San Pedro Masahuat, La Paz; a una altura de 30 msnm, con 1727 mm de lluvia anual temperatura media anual de 27.9°C.

El trabajo constaba de 2 periodos:

- I- 1 a 25 días después de germinación (1a. mitad del estado de cogollo).
- II- 26 a 50 días después de germinación (2a. mitad del estado de cogollo).

También tenía 2 niveles de daño: 20 y 50%.

Se trabajó con 4 repeticiones y 11 tratamientos distribuidos al azar. Los tratamientos fueron:

- 1- 20% de daño en período I,
- 2- 20% en período II,
- 3- 20% I+II,
- 4- 50% I,
- 5- 50% II,
- 6- 50% I+II,
- 7- Protegido en período I,



- 8- Protegido II,
- 9- Protegido,
- 10- Prácticas del agricultor
- 11- Testigo sin protección.

El área de cada tratamiento era de 5 surcos por 10 metros de largo, con 2 plantas por postura. Los muestreos se realizaron 3 veces por semana. La muestra constaba de 100 plantas, divididas en 4 submuestras para cada tratamiento. En los tratamientos 1-8 las aplicaciones se realizaron cuando sobrepasan los niveles indicados; el T9 se mantuvo a niveles bajos de daño, el T10 se le aplicó cuando lo hizo el agricultor y al T11 no se le realizaron aplicaciones de químicos.

Como planta dañada era considerada aquella que tenía el daño fresco del cogollero, así se obtenía el % de plantas dañada por tratamiento. Todas las labores como siembra, deshierba, fertilización fueron realizadas por el agricultor.

Para la obtención del rendimiento se cosecharon 5 puntos que representaban la 1/5000 mz cada uno, por tratamiento. A esto se tomaron datos como: granos dañados por cogollero, por otros insectos, por hongos, con el objeto de establecer pérdidas. Al grano sano se le tomó peso y humedad, luego se procedió a contar 5 submuestras de 100 granos sanos para obtener un peso promedio, con el cual se consideró que los granos dañados fueron sanos, ese peso se transformó en kg/ha,

para luego sumarlo al rendimiento normal y obtener un ajustado.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Daño natural

Los resultados de Astoria indican que el rendimiento del maíz no es afectado por el daño del gusano cogollero, si éste se da en el período I de cogollo (01-25 ddg) y el nivel de daño no supere el 50% de cogollos dañados. En el período II el nivel de daño no debe superar 25% de cogollos dañados.

En Zapotitán el nivel de daño para el período I no debe superar 35% para el período II no más de 15% de cogollos dañados.

Tanto en Astoria como en Zapotitán, la mayor incidencia de la plaga se registró en el período I, que combinado con el período tolerante permite realizar sólo 2 aplicaciones. Estos resultados coinciden con Hruska (4), que concluyó que 2 aplicaciones protegen el cultivo, en lugar de 3-5.

Los resultados en 1989 indican que al aplicar el tratamiento de 20% de daño, se obtuvo un promedio de 20% y 51% en el nivel de 50%.

En 1990, el nivel de 20% promedió 11%, y el de 50%, 24%, en Zapotitán; pero en Astoria el nivel de 20% se obtuvo un 18%, y para el de 50%, 36%.

## CONCLUSIONES

En ambas localidades los tratamientos fueron estadísticamente iguales para 1990. La diferencia de rendimiento entre 1989 y 1990 en Zapotitán, se le atribuye al buen régimen lluvioso de 1990.

### Daño artificial

En Zapotitán los resultados indican que el maíz puede tolerar un grado de daño foliar de 50%, cuando éste daño no ocurra en el período IV (40-50 días después de la emergencia) del desarrollo vegetativo.

El grado de daño del 50% causa una drástica reducción en el rendimiento cuando se prolonga hasta los 50 dde, ya sea si va desde los 10, 20, 30 ó 40 dde.

En la localidad de Astoria se da el mismo efecto, aunque no se nota por completo ya que por los factores climáticos el maíz acelera su ciclo vegetativo; debido a esto no se realizó el período IV.

En los tres períodos realizados, el daño muestra que cuando éste se acerca al último período (IV), tiende a disminuir.

En ambas localidades, el grado de daño del 80% provoca un severo efecto en el rendimiento, lo que indica que éste grado de daño es demasiado drástico para lo que puede tolerar el cultivo de maíz.

### Daño natural

La mayor incidencia del gusano cogollero se registra en el período I de cogollo.

El daño del gusano cogollero en el período I, no afecta el rendimiento, si el nivel de daño no supera 50% de cogollos dañados; para el período II el 25%, en la localidad de Astoria.

El nivel permisible de cogollos dañados para Zapotitán es para el período I 35% y para el período II de 15%. El ataque de cogollero en ambas localidades, no redujo significativamente el rendimiento.

### Daño artificial

El cultivo de maíz tolera un grado de daño de 50% hasta los 40 días después de la emergencia.

El grado de daño del 50%, causa una drástica reducción en el rendimiento, si éste va desde los 10, 20, 30 ó 40 dde hasta los 50 dde.

En ambas localidades, el maíz no tolera un grado de daño de 80%, sin que el rendimiento se vea afectado.

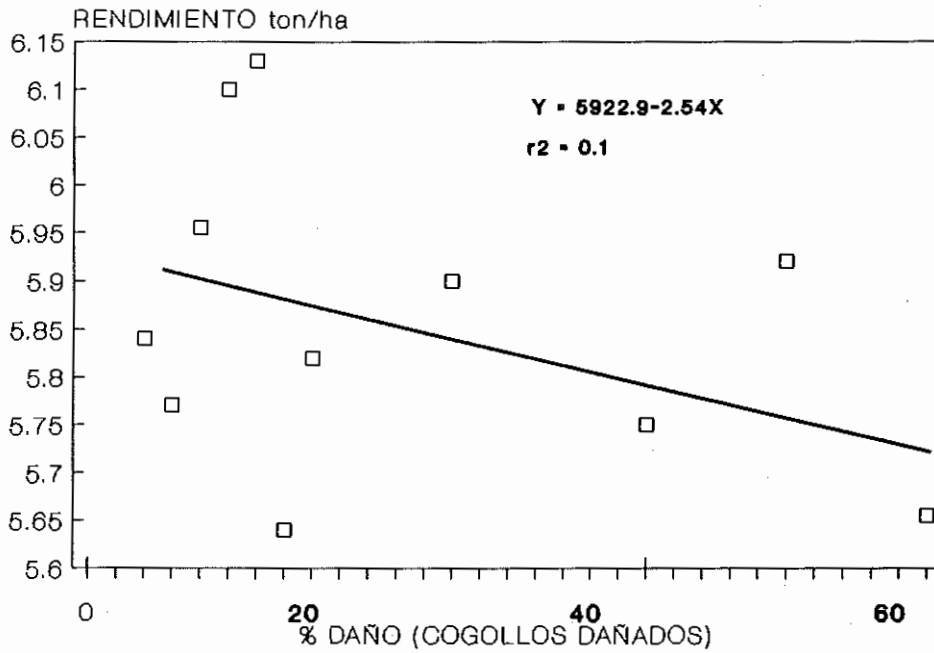
Estos coinciden con los obtenidos en el trabajo de daño natural, que indican que el maíz en sus primeros períodos de desarrollo tolera el daño de cogollero.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDREWS, K.L., QUEZADA, J.R. 1989.** Manejo Integrado de Plagas Insectibles en la agricultura. Maíz y Sorgo. Andrews y Quezada Edit. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Honduras, pp 547-566.
- DARDON SANTIAGO, M.A. 1981.** Factores de la producción en el cultivo de maíz. Curso Internacional de Control Integrado de Plagas. Noviembre 1981. Antigua Guatemala, Guatemala.
- KRANZ, J. SCHMUTTERER, H. KOCH, W. 1982.** Enfermedades, plass y malezas de los cultivos tropicales. Mariposas y Polillas. Kranz, Schmutterer, Koch Edit. Berlín y Hamburgo. República Federal de Alemania. pp 540-542.
- HRUSKA, A. 1987.** El uso de insecticidas cuando hay niveles de infestación. Escuela de Sanidad Vegetal. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua.
- OBANDO, S.R., VAN HUIS, A. 1979.** Daño por gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) simulado en maíz. Secretaría de Recursos Naturales. PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras. p-M52.
- OBANDO, SOLIS S.R. 1987.** Cogollero: umbrales permisibles de daño filiar en maíz. PCCMCA. San José, Costa Rica.
- VANHUIS, A. 1976.** Umbrales económicos permisibles de daño foliar en maíz. MAG-IICA. PCCMCA, San José, Costa Rica. p M-23-1.

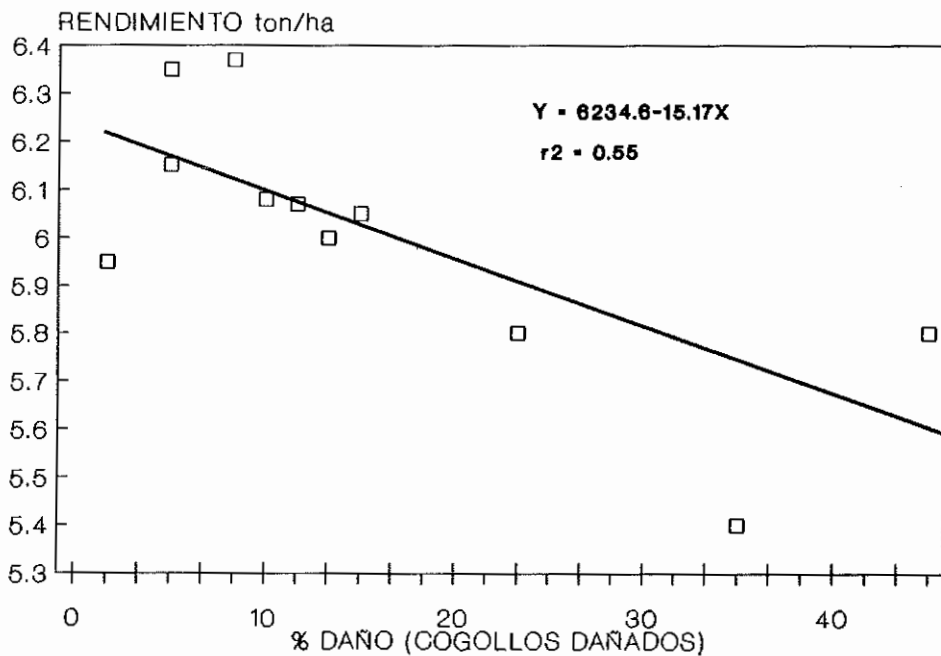
## COGOLLERO: DAÑO REAL vs RENDIMIENTO

MAIZ, ASTORIA 1990



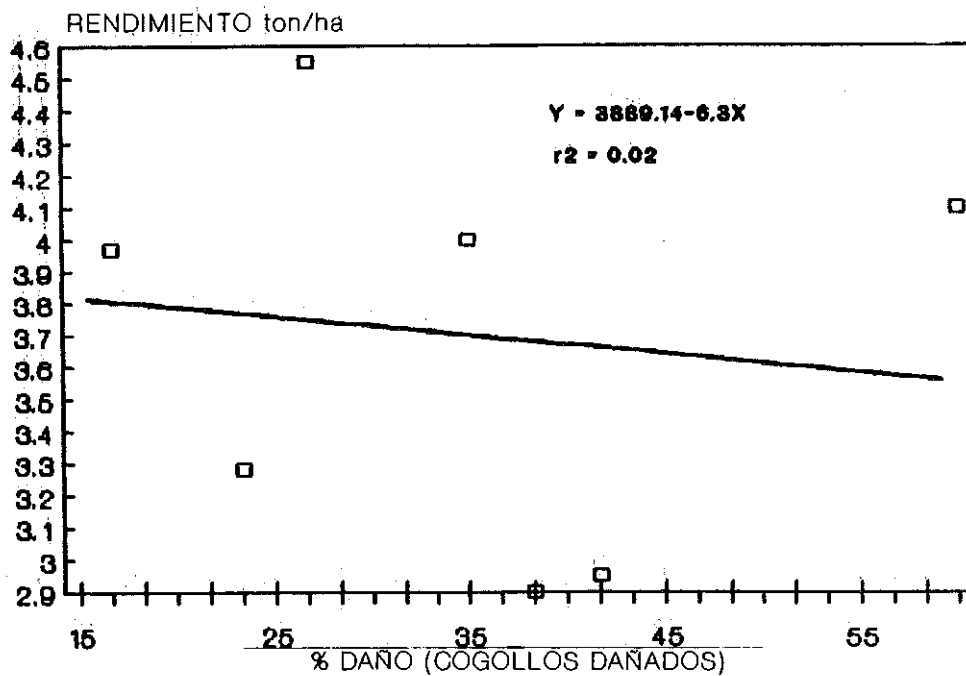
## COGOLLERO: DAÑO REAL vs RENDIMIENTO

MAIZ, ZAPOTITAN 1990

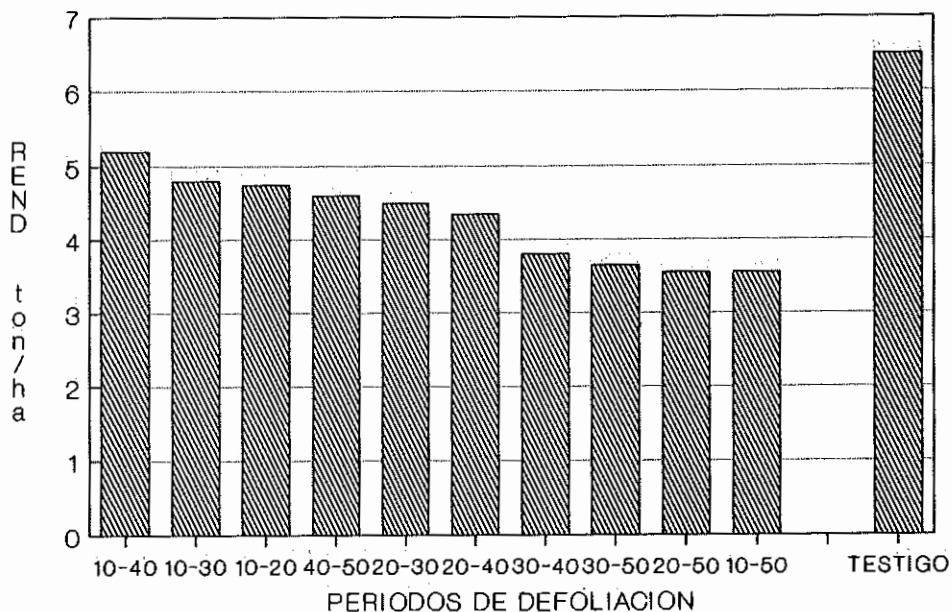


# COGOLLERO: DAÑO REAL vs RENDIMIENTO

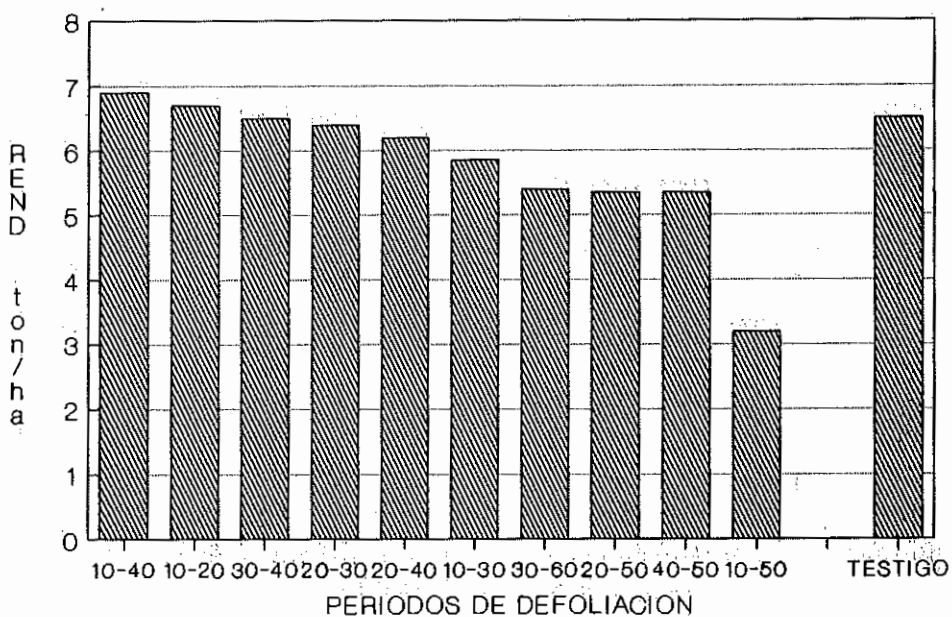
MAIZ, ZAPOTITAN 1990



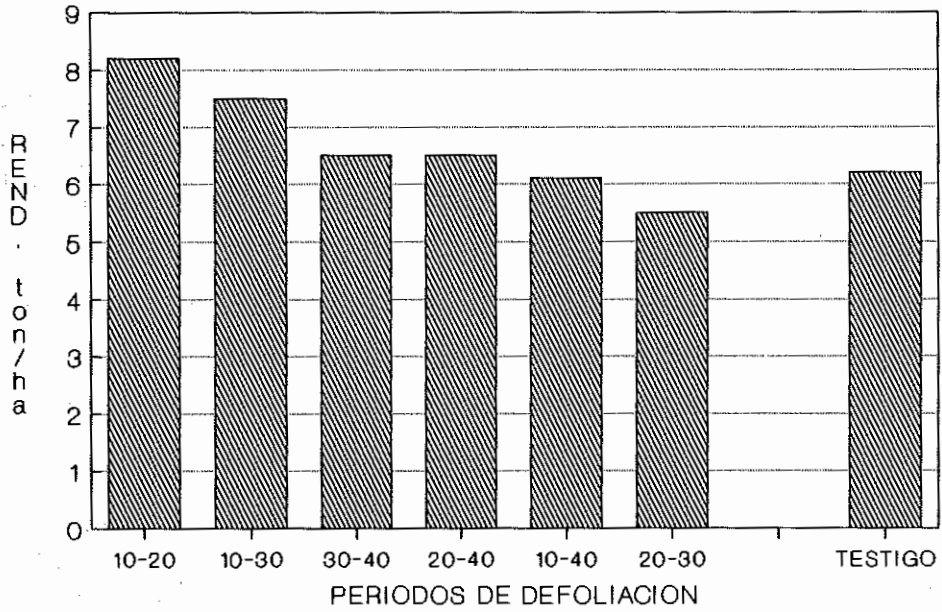
**DAÑO ARTIFICIAL, MAIZ. ZAPOTITAN.**  
**80% DE DEFOLIACION, 1990.**



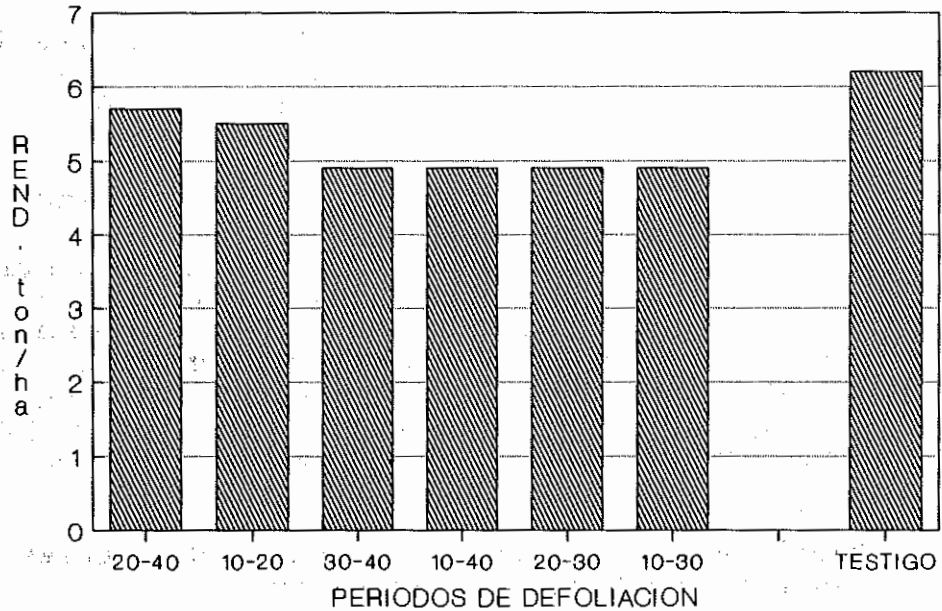
**DAÑO ARTIFICIAL, MAIZ. ZAPOTITAN.**  
**50% DE DEFOLIACION, 1990.**



**DAÑO ARTIFICIAL, MAIZ. ASTORIA.**  
**50% DE DEFOLIACION, 1990.**



**DAÑO ARTIFICIAL, MAIZ. ASTORIA.**  
**80% DE DEFOLIACION, 1990.**



## ESTUDIO DE MATERIALES DE MAIZ (GRANO COMERCIAL) ANTE EL ATAQUE DE PLAGAS PRIMARIAS DE ALMACENAMIENTO

R. A. Santamaría, C. García, G. Valladares, C. Arias <sup>1</sup>

### RESUMEN

Actualmente se cuenta con una gran cantidad de material de maíz, el cual se utiliza para obtener un grano comercial con muy buenas características: tamaño de la planta, vigor, rendimiento, etc., pero también es importante evaluar la resistencia o susceptibilidad que puedan presentar ante el ataque de ciertos insectos plagas que aparecen cuando el grano ha sido almacenado, siendo éste el propósito del presente trabajo. Para su realización el ensayo se instaló en la Sección Post-cosecha de CENTA, utilizando dos bandejas con doce secciones cada una, conteniendo los siguientes materiales de maíz, los cuales formaban los tratamientos: H-5, H-53-T, H-56, H-53-D, H-9 Y CENTA PASAQUINA.

Se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con 4 repeticiones y 6 tratamientos. El nivel de daño que se consideró fue 4%, según normas del IRA. En base a esto, los resultados mostraron que la variedad CENTA PASAQUINA con un porcentaje de 5,31 de daño, fue la más susceptibles al

ataque de Sitophilus sp, plaga primaria de almacén, siendo rechazada por las normas del IRA, mientras que la variedad H-5 con un porcentaje de 1.87 fue la más resistente y por consiguiente aceptada por las normas ya establecidas. Estas lecturas se alcanzaron a los 37 días después de iniciada la investigación para evaluar el desarrollo del daño causado por la plaga. Las demás variedades presentaron los siguientes resultados: H-9 (2.86%), H-53-T(3.20%), H-56(4.16%), H-53-D(4.32%).

De acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan, las variedades H-5 y Centa Pasaguina son diferentes estadísticamente.

El ensayo se realizó del 15 de agosto al 20 de noviembre de 1990.

### INTRODUCCION

El maíz, es el principal cultivo en la dieta alimenticia de los salvadoreños. A nivel nacional se siembran aproximadamente 350,000 mz, con un rendimiento promedio nacional de 30 qq/mz.

<sup>1</sup> Técnicos investigadores. Depto. de Parasitología Vegetal. CENTA-MAG. El Salvador.



Las plagas primarias de almacén, representan un problema para el agricultor ya que éstas pueden causar grandes estragos en los granos y semillas ocasionando pérdidas cuantiosas. Gran cantidad del material que se utiliza para sacar grano comercial posee características promisorias tales como: tamaño de la planta, vigor, rendimiento, etc; pero también existe un factor muy importante a evaluar y es la resistencia o susceptibilidad que pueden presentar ante la presencia de ciertos insectos-plagas que aparecen cuando el grano ha sido almacenado. En 1989, la sección Especializada de Granos y Semillas de CENTA, llevó a cabo un ensayo a nivel de campo donde se evaluaron seis diferentes materiales promisorios de maíz las cuales fueron: H-53-D, H-53-T, H-56, H-5, H-9 y CENTA PASAQUINA, siendo H-53-T el que obtuvo el menor porcentaje de daño. En vista de esto, se hizo necesario realizar este estudio a nivel de laboratorio, con el objetivo de determinar el comportamiento de éstos mismos materiales ante el ataque de plagas primarias de almacén.

El ensayo se llevó a cabo del 15 de agosto al 20 de noviembre de 1990.

#### REVISION BIBLIOGRAFICA

La causa más importante de daños en granos almacenados la constituyen las plagas, ya que pueden ocasionar pérdidas en la ca-

lidad, por perforaciones en las semillas, efectos sobre la germinación, contaminación por insectos muertos y excrementos, cambios en su constitución química y aumento en la temperatura, CIAT (1985).

A nivel mundial las pérdidas por granos almacenados están por el orden del 10% del total de la producción. En algunos países de Latinoamérica estos porcentajes pueden llegar a alcanzar niveles mucho más elevados, como fue el caso de El Salvador y Guatemala en el período de 1948 y 1949, que registraron pérdidas ocasionadas por insectos y hongos cercanas al 25% en maíz, arroz y legumbres, CIAT (1985).

Los insectos que afectan en mayor grado a los granos almacenados tienen una marcada preferencia por un determinado tipo de alimento. Por ejemplo, los gorgojos verdaderos (*Sitophilus* spp), se alimentan casi que exclusivamente de granos sanos de cereales-maíz, arroz, trigo, CENTREINAR (1982). Estos insectos son capaces de establecer poblaciones en un grano totalmente sano por ser plaga primaria, es decir que atacan sólo a grano de este tipo, iniciando así el deterioro de estos.

Striker (1978), menciona que cuando la temperatura del grano a granel está a 27°C o más y su humedad es de 15% o más, las condiciones parecen ser ideales para la reproducción de hongos e insectos y

con el crecimiento de los hongos aumenta la humedad del grano; así como con el excremento y la respiración de los insectos, creando un círculo vicioso que causa el rápido deterioro de la calidad del grano.

En CENTREINAR (1984), se expresó que las especies de granos almacenados eran relativamente pocas, posiblemente algunas cuantas si las comparamos con otros grupos de insectos.

Cuando a finales de la década del 40 el uso de los insecticidas, especialmente los de contacto, se generalizó para la protección de los granos almacenados se pensó que la solución sería eterna; pero no es así, los insectos han adquirido resistencia a los insecticidas orgánicos. Observaciones posteriores, revelaron que el control inicial no fue muy eficiente, lo que hizo indispensable el aumento de las dosis hasta que sobrepasaron las tolerancias establecidas y hubo que cambiar de insecticidas, con los cuales les está ocurriendo exactamente lo mismo, CENTREINAR (1984).

#### MATERIALES Y METODOS

El ensayo se instaló en el Laboratorio de Control de Calidad de Granos Almacenados (SEGRAS) del CENTA, utilizando un diseño estadístico de bloques al azar con 4 repeticiones y 6 tratamientos.

Los tratamientos evaluados fueron 6 materiales pro-

misorios diferentes de maíz.

Se emplearon dos bandejas grandes de lámina, con doce secciones cada una, en las cuales fueron puestos 100 g de maíz para cada material evaluado, colocando en cada bandeja dos repeticiones, dicho maíz se encontraba a cero porciento de daño del insecto.

Cada bandeja en el centro contaba con un espacio circular donde se colocaron 200 insectos del mismo género (*Sitophilus* spp.), realizando lecturas semanales para evaluar el desarrollo del daño causado por la plaga.

Las variables medidas fueron las siguientes: número de grano sano, número de grano dañado, peso grano sano, peso grano dañado y % de daño. Los materiales de maíz que se evaluaron fueron los siguientes:

- 1- maíz H-5 3-maíz H-56 5-maíz H-9
- 2- maíz H-53-T 4-maíz H-53-d 5-maíz CENTA PASAQUINA.

El nivel de daño que se consideró fue 4%, de acuerdo a lo establecido por el Instituto Regulador de Abastecimiento (1987). Es decir, que el material que haya alcanzado o sobrepasado este nivel fue rechazado; siendo el más susceptible al ataque del insecto y en consecuencia el peor, mientras el que haya obtenido el porcentaje más bajo, sin sobrepasar el nivel de daño de 4% habrá sido el más resistente y por supuesto

el mejor.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se realizaron once fechas de recuentos para determinar el comportamiento de los materiales utilizados, siendo a los 37 días después de iniciada la investigación, cuando se obtuvo respuesta como se observa en el Cuadro 1, registrándose los siguientes resultados, CENTA PASAQUINA con un porcentaje de daño del 5.31%, sobrepasa el nivel de daño considerado, H-53-D 4.32%, H-56 4.16%, H-53-T 3.20%, H-92 0.86%.

La prueba de rango multiple de DUNCAN, en el Cuadro 2, muestra que los materiales CENTA PASAQUINA y H-5 desde el punto de vista estadístico son diferentes, mientras que los demás materiales son iguales estadísticamente. Sin embargo, los híbridos H-53-D y H-56 sobrepasan el 4% que se ha considerado.

En el Cuadro 3, se presenta el grado de significancia que hubo para los diferentes recuentos realizados, siendo significativo entre tratamientos a los 37 días después de iniciados dichos recuentos.

Como se puede observar en la Figura 1, el porcentaje de daño de los materiales con respecto al tiempo es ascendente, resultando Pasaquina la que obtuvo los porcentajes de daño más altos; mientras que H-5 presentó a lo largo del estudio los porcentajes más bajos, a excepción del

primer recuento (8 días) como se aprecia en el Cuadro 1. Por otro lado H-56 y H-53-D, en los primeros cinco recuentos al igual que CENTA PASAQUINA, presentaron porcentajes más altos, por el contrario H-5, H-9 y H-53-T dieron los porcentajes más bajos. Posterior a los 37 días hubo fluctuación de porcentajes con altibajos en los materiales, excepto para CENTA PASAQUINA Y H-5, los cuales como ya se mencionó, presentaron el porcentaje más alto y más bajo respectivamente.

El híbrido H-5 tardó 50 días en llegar al nivel de daño considerado; es decir, 13 días después de haber alcanzado CENTA PASAQUINA, ese nivel. Los otros materiales, que también presentaron porcentaje bajos (H-9, H-53-T), tardaron 45 días en llegar y sobrepasar el 4% de daño, 8 días después que Pasaquina. Inicialmente el ensayo comenzó con 400 insectos (*Sitophilus* sp), repartidos en 200 por cada bandeja, al término de la investigación se contaron 2484 insectos, siendo 2018 vivos y 466 muertos.

## CONCLUSIONES

A 37 días de iniciada la investigación se obtuvieron resultados, siendo el híbrido H-5 el que presentó una mayor resistencia, considerándose el mejor ante el ataque de la plaga. La variedad CENTA PASAQUINA resultó ser la más susceptible a dicho ataque, siendo rechazada por las normas consideradas.

## BIBLIOGRAFIA

La prueba de rango múltiple de DUNCAN muestra que CENTA PASAQUINA y H-5 son diferentes estadísticamente, siendo H-5 el que presenta la mejor media de porcentaje de daño ya que es el más bajo. Los demás materiales son iguales estadísticamente, sin embargo H-53-D y H-56 son rechazadas por sobrepasar el nivel de daño de 4%, mientras que H-53-T y H-9 por no alcanzar el nivel de daño se aceptan.

H-5 alcanzó el nivel de daño (4%) a los 50 días de iniciada la investigación, 13 días después que Pasaquina; H-9 y H-53-T llegaron a dicho nivel a 45 días de iniciada la investigación, 8 días después que Pasaquina.

CENTA PASAQUINA y H-5 mantuvieron a lo largo del estudio y hasta el final el porcentaje más alto y más bajo respectivamente, mientras que en los demás materiales de maíz hubo fluctuación en los porcentajes con altibajos.

Hubo un incremento en la población de insectos de 2084 especímenes.

### RECOMENDACIONES

Continuar con este tipo de ensayos, probando otros materiales.

ANAIS DO SEMINARIO LATINOAMERICANO DE PERDAS POS COLHEITA DE GRAOS (10, 1982, VICOSA, BRA) 1983. Los principales insectos de granos almacenados. Ed. por M.A.Mora. M.G, Brasil, CENTREINAR. pp. 11-13.

INSTITUTO REGULADOR DE ABASTECIMIENTO. 1987. Normas de calidad para la compra de granos de la cosecha 87/88. pp.1-3.

MEMORIA CURSO INTERNACIONAL (1985, PALMIRA, COL.) 1985. Plagas en granos almacenados. E. por 4 A. L. Tróchez. Palmira, Colombia, CIAT. pp. 128,129.

MESA REDONDA LATINO AMERICANA SOBRE PERDAS POS-COLHEITA DE GRAOS (1984 VICOSA, BRA.) 1985. Insectos que dañan granos y otros productos almacenados. Ed. por Humberto Dell'Orto Trivelli. Minas Gerais, Brasil, CENTREINAR. pp 19-21.

RENGIFO, G.; MACHADO DE TOLEDO, R.; MELGAR H. Y LEON ORELLANA, J. 1981. Manual de almacenamiento y conservación de granos y semillas Proyecto FAO/IRA. El Salvador. p.284.

STRYKER, H.B. 1978. Manual de almacenamiento y conservación de granos básicos. IRA, El Salvador. pp. 1-5.

CUADRO 1. MEDIAS DE PORCENTAJE DE DAÑO PARA LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS DIAS DESPUES DE INICIADO LOS RECUEENTOS. SAN ANDRES, 1990.

VARIÉDADES DDI	H-53-T	PASAQUINA	H-56	H-53-D	H-9	H-5	$\bar{X}$
8	0.45	0.95	0.83	0.81	0.25	0.32	0.60
15	0.80	1.81	1.34	1.57	0.77	0.65	1.16
23	1.32	2.61	2.02	1.94	1.37	0.95	1.70
30	2.02	3.19	2.53	2.51	1.52	1.21	2.16
37	3.20	5.31	4.16	4.32	2.86	1.87	3.62
45	6.46	8.86	7.13	5.70	5.04	3.16	6.06
50	9.44	11.50	8.63	9.39	7.47	5.28	8.62
57	13.25	16.24	11.46	12.44	11.87	7.72	12.16
69	17.17	24.50	15.77	16.42	16.86	13.51	17.37
84	28.54	35.66	28.56	29.71	27.50	25.60	29.26
98	41.08	42.24	38.44	41.08	38.31	36.75	39.66

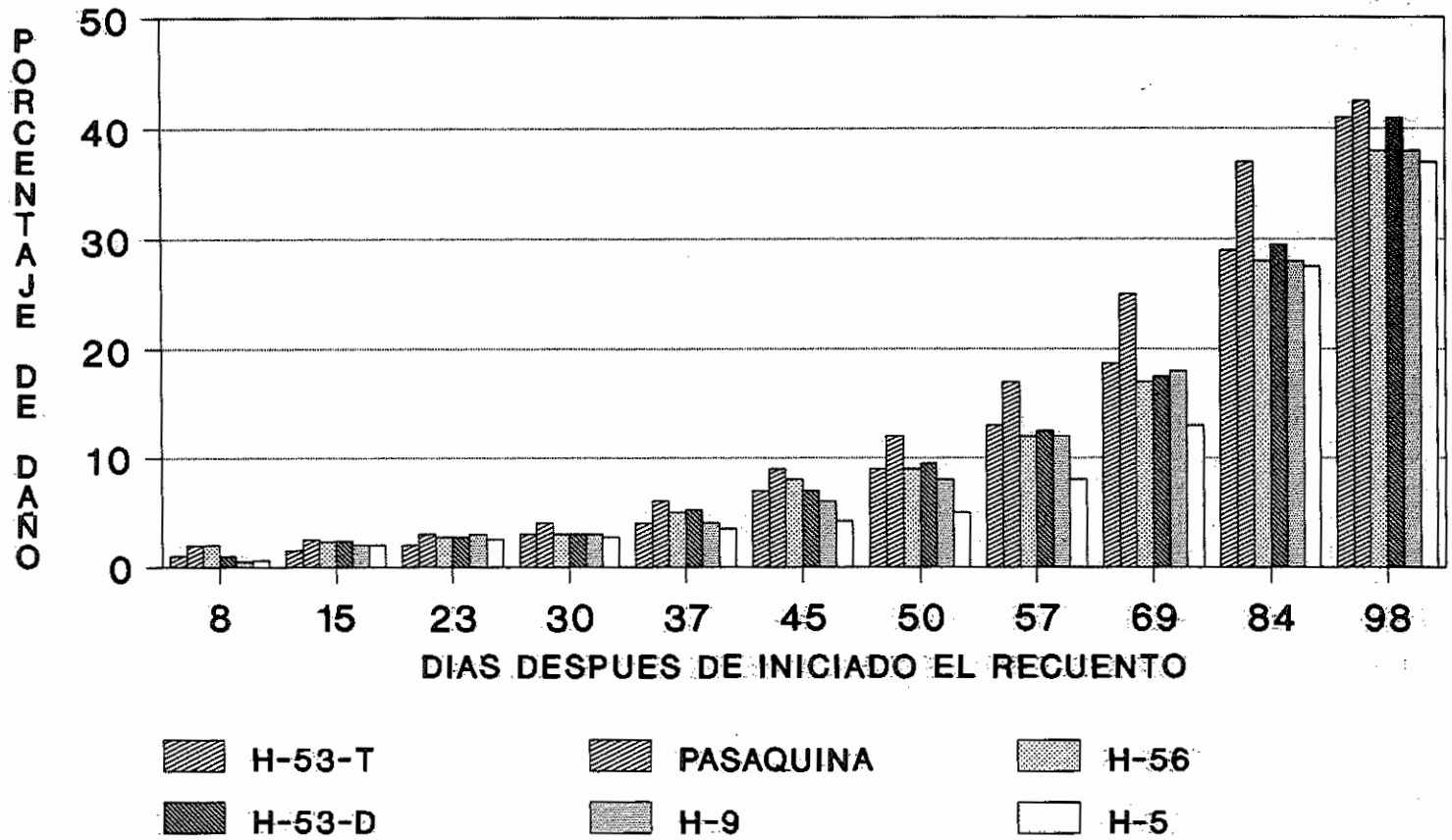
CUADRO 2. PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN PARA MEDIAS DE % DE DAÑO. 37 DIAS DESPUES DE INICIADO LOS RECUEENTOS. SAN ANDRES, 1990.

VARIÉDAD	PORCENTAJE DE DAÑO	DUNCAN (0.05)
PASAQUINA	5.31	A
H-53-D	4.32	AB
H-56	4.16	AB
H-53-T	3.20	BC
H-9	2.86	BC
H-5	1.87	C

CUADRO 3. GRADO DE SIGNIFICANCIA PARA DIAS DESPUES DE INICIADO LOS RECUEENTOS. SAN ANDRES, 1990

F.V.	DIAS DESPUES DE INICIADO.										
	8	15	23	30	37	45	50	57	69	84	98
Tratamientos	**	**	**	**	*	**	*	*	**	n.s.	n.s.
Repeticiones	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	**	**	n.s.	**

**FIGURA 1. RELACION ENTRE PORCENTAJE DE DANO EN VARIETADES DE MAIZ ALMACENADO Y DIAS DESPUES DE INICIADO EL RECUESTO**



## SOCIOECONOMIA. Mercado y Crédito

### FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE MAIZ EN CHIMALTENANGO, GUATEMALA

M. R. Hernández <sup>1</sup>

#### RESUMEN

Con el propósito normativo de derivar líneas de investigación para ulteriores trabajos tecnológicos en el altiplano de Chimaltenango, en el presente estudio se ajustaron dos funciones de producción de maíz, una para la Zona Baja y la otra para la Zona Alta. A través del análisis de estas funciones se determinaron los factores que afectan el rendimiento, sus elasticidades, y el nivel en que el uso de variedades mejoradas comienza a registrar efectos significativos en el rendimiento promedio de las zonas estudiadas. En el análisis de las funciones de producción se determinó que en la Zona Baja, el rendimiento se ve afectado por la producción en asociación con frijol voluble por el uso de semilla mejorada, la densidad de siembra, la topografía del terreno, y la segunda fertilización. En la Zona Alta, los factores que afectan el rendimiento son: la época de siembra, el uso de semilla mejorada, la topografía del terreno, y el cultivo que antecedió al maíz en el uso del área. Los ren-

dimientos actuales en la región son de 2215 kg/ha y 3238 kg/ha para las Zonas Bajas y Alta, respectivamente. Las elasticidades-producto para la Zona Baja son de -0.0851 para el incremento del área en asociación con frijol voluble; de 0.0528 para el uso de semilla mejorada; de 0.1929 densidad de siembra; de 0.0711 para el incremento del área en terreno plano; y de 0.0831 para la segunda fertilización. Las elasticidades para la Zona Alta son de -0.0445 para incrementos en el porcentaje de agricultores que cultiven en la época de primera; de 0.0909 para el uso de semilla mejorada; de 0.0767 para el incremento del área en topografía plana; y de 0.4065 para siembras en terrenos donde hubo maíz, sistemas de milpa, o trigo. El rendimiento promedio zonal comienza a ser afectado significativamente cuando el uso de variedades mejoradas alcanza el 45% del área de maíz en la Zona Baja, y cuando llega al 14.26% en la Zona Alta.

---

<sup>1</sup> Economista Agrícola, M.Sc. Disciplina de Socioeconomía Rural, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Chimaltenango, Guatemala.

## INTRODUCCION

En 1989, la Disciplina de Socioeconomía Rural del ICTA evaluó la adopción de tecnología alcanzada en los primeros dos años de ejecución del Proyecto de Transferencia de Tecnología Agropecuaria y Producción de Semillas (PROGETTAPS), observando que en Chimaltenango, las variedades mejoradas en maíz eran utilizadas por el 53% de los agricultores que condujeron parcelas de transferencia o de semilla de estas variedades y por el 48% de los agricultores que participaron en actividades de promoción. En materia de área sembrada, la adopción se observó en el 28% del área que estos productores cultivaban con maíz. Por otra parte, el PROGETTAPS logró que el 3% de los agricultores no atendidos por el proyecto, adoptaran estos materiales, Reyes-Hernández y García. (1990).

Respecto al efecto en el rendimiento que la adopción de estas variedades conlleva, en esta evaluación se compararon los rendimientos de los agricultores participantes en el PROGETTAPS con los rendimientos de los productores que no participaron en la ejecución del mismo, determinándose que el uso parcial de estos materiales solamente mejoró los rendimientos de los agricultores de la Zona Baja que cultivan maíz en terrenos de topografía plana. Para el resto de agricultores, los rendimientos de los obtenidos

no fueron significativamente superiores, a los generados con las variedades tradicionales, lo cual indicaba que el empleo de modificar la producción agregada que los agricultores generarían en ausencia de estas variedades y por ello obviamente, no había logrado incrementar el rendimiento promedio, Reyes-Hernández y García (1990).

Este último resultado sugiere dos interrogantes acerca del efecto de las variedades mejoradas en el rendimiento, estas son:

¿Cuál es el efecto del uso de nuevas variedades en el rendimiento?

¿A qué nivel, el uso de variedades mejoradas comienza a tener efectos significativos en el rendimiento promedio regional?

En el presente estudio se han buscado las respuestas a estas preguntas, sin embargo, para orientar el proceso de generación y transferencia de tecnología, el problema de investigación lo constituyeron las dos interrogantes anteriores más una pregunta adicional de carácter general, que fue:

¿Cuáles son los factores que afectan el rendimiento de maíz en la región?

Para la realización del trabajo, el área de estudio se dividió en dos zonas, de acuerdo al dominio altitudinal de las variedades mejoradas recomendadas por el ICTA para el altiplano de



Chimaltenango: Zona Baja y Zona Alta.

La Zona Baja se encuentra entre 1600 y 1800 msnm, y cubre los municipios de Chimaltenango, Parramos, San Martín Jilotepeque, El Tejar, y San Andrés Iztapa. En la muestra estudiada se disponen de observaciones para los tres primeros municipios de esta zona.

La Zona Alta la forman los municipios de Santa Apolonia, Tecpán Guatemala, Patzún, Patzicía, parte de Zaragoza, y Santa Cruz Balanyá. Esta zona se encuentra entre 1900 y 2300 msnm. En la muestra utilizada se contó con datos de los primeros cinco municipios.

### OBJETIVOS

Determinar el efecto de las variedades mejoradas en el rendimiento de maíz, y el nivel en el cual su uso principia a registrar efectos significativos en el rendimiento promedio de las zonas estudiadas.

Determinar los factores que inciden en el rendimiento de maíz y su efecto relativo en el mismo.

### HIPOTESIS

La hipótesis de trabajo establecida para realizar la presente investigación, fue la siguiente:

"El rendimiento de maíz es una función de la variedad empleada, del sistema de

cultivo, de la época de siembra, de la densidad de siembra, de la topografía del terreno, de la fórmula de fertilizante empleada y de la cantidad de fertilizante aplicada y responde a estos factores de manera menos que proporcional.

### REVISION BIBLIOGRAFICA

Los primeros trabajos orientados hacia la evaluación sistemática de aquellos factores que están influenciando los rendimientos de un cultivo, con el propósito de identificar prioridades de investigación y transferencia de tecnología parecen haber sido hechos en Colombia por Ruíz de Londoño y Pinstrup-Andersen (1975) y Ruíz de Londoño y col. (1978). En Guatemala, aún cuando este tipo de estudios poseen mucha objetividad como metodología de diagnóstico, su empleo se ha observado en limitadas oportunidades.

En 1975, Ruíz de Londoño y Pinstrup-Andersen publicaron un trabajo hecho en tres departamentos de Colombia; Antioquia, Boyacá y Tolima, en el cual analizan los factores asociados con bajos rendimientos de maíz entre los pequeños agricultores. Para este efecto, entrevistaron a agricultores, vendedores de insumos agropecuarios y agentes de extensión agrícola. Este trabajo consistió en una descripción del proceso de producción. Los resultados obtenidos indican que los principales factores asociados con los bajos rendimientos parecen ser con-

diciones ecológicas adversas, tales como variaciones en la lluvia, y suelos ácidos deficientes en nutrimentos (N y P), presencia de plagas y enfermedades, falta de conocimiento sobre algunas prácticas culturales, necesidad de insumos; forma de usarlos y ausencia de algunos insumos en las áreas de producción.

Ruiz de Londoño, Pinstруп-Andersen, Sanders e Infante (1978), realizaron un trabajo en el que la identificación de restricciones agrobiológicas presenta un alto grado de madurez metodológica. En esta investigación, los autores estudiaron los factores que afectan la productividad de frijol en dos zonas de Colombia: en el Valle del Cauca y Huila-Nariño, para lo cual ajustaron funciones de producción. Con estas funciones estimaron los rendimientos en ausencia de restricciones y luego dedujeron el efecto que los factores restrictivos poseen. Los resultados obtenidos muestran que en el Valle del Cauca, los principales factores limitantes fueron: roya, marchitez bacteriana, Empoasca, y mancha angular. Por otra parte, se determinó que el efecto del uso de semilla certificada e incrementos en el empleo de insumos, y de la densidad de siembra, registran efectos de menor envergadura que los ocasionados por las plagas y enfermedades. En la zona de Huila y Nariño, las plagas y enfermedades fueron también la principal restricción al

incremento del rendimiento. En esta zona, el principal efecto limitativo lo ejerció la asociación de frijol con maíz, sin embargo, en términos de valor, estas pérdidas fueron más que compensadas por el incremento en el valor generado por la producción de maíz.

En Guatemala, el primer trabajo de este tipo fue realizado por Peláez y Shiras (1978), en el parcelamiento La Máquina, en los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu. En esta investigación, los autores estudiaron los factores que inciden en el rendimiento de maíz, para lo cual utilizaron análisis de varianza y ajustes de relaciones funcionales. Los resultados logrados indican que los factores que afectan el rendimiento fueron: el uso de semilla mejorada y el control de plagas con un insecticida granulado. La validez de estos resultados se pudo comprobar en 1981, a través de una evaluación de adopción de tecnología, Reyes-Hernández (1982). En este segundo estudio se pudo observar que los únicos componentes tecnológicos con índices altos de adopción fueron: variedad mejorada y el uso del insecticida granulado recomendado para el control de Spodoptera.

Reyes-Hernández y García (1987), siguiendo una metodología similar a la de Peláez y Shiras (1978), hicieron un estudio en el que se identificaron los factores que afectan los rendimientos

de trigo en época de primera en Chimaltenango, Guatemala, logrando determinar que los principales factores eran la precocidad de las variedades y la fertilización.

### Metodología

Para la satisfacción de los objetivos establecidos y siguiendo la hipótesis de trabajo, en el presente estudio se ajustaron dos funciones de producción, una para la Zona Baja y otra para la Zona Alta. Posteriormente al ajuste de estas funciones, se calcularon las elasticidades-producto de los factores que registraron efectos distintos de cero en el análisis de regresión, de modo poder determinar la proporción en que responde el rendimiento ante cambios relativos en los niveles de estos factores.

El nivel en que el uso de variedades mejoradas comienza a registrar significancia en el rendimiento promedio de cada zona, fue estimado de manera indirecta, para ello se utilizó la prueba de Student para comparación de medias.

La información utilizada proviene de las boletas del cultivo de maíz de la Encuesta de Evaluación de la Adopción de la Tecnología Transferida a través del PROGETTAPS, la cual fue levantada durante el período agosto-diciembre de 1989, Reyes-Hernández y García (1990). Para ajustar los modelos, se dispuso de 26 observaciones para la Zona

Baja y de 28 para la Zona Alta.

### El modelo

La relación funcional concebida en la hipótesis de trabajo, en el análisis empírico se planteó de la siguiente manera:

$$\text{RENDI} = B_0 + B_1 \text{ESi} + B_2 \text{SIST1i} + B_3 \text{SIST2i} + B_4 \text{VARMi} + B_5 \text{POSi} + B_6 \text{TOP} + B_7 \text{TEXi} + B_8 \text{CULTAi} + B_9 \text{FORM1i} + 310 \text{FORM2i} + B_{11} \text{FERT1i} + B_{12} \text{FERT2i} + U_i \dots\dots\dots(1)$$

en donde:

- RENDI** Rendimiento (kilogramos por hectárea);
- ESi** Época de siembra (1 = mayo y/o junio; 0 = otro mes);
- SIST1i** Sistema de cultivo I (1=maíz+frijol voluble; 0=otro sistema);
- SIST2i** Sistema de cultivo II (1=maíz+frijol arbustivo; 0=otro sistema); Uso de variedad mejorada (% del área de maíz con variedad mejorada). Se trata de las variedades desarrolladas por el ICTA: V-310 y V-302, para la Zona Baja, y V-304, para la Zona Alta;
- POSi** Densidad (miles de posturas/hectáreas);
- TOPi** Topografía del

**TEXi** terreno  
 ( 1 = p l a n a ;  
 0=ladera);  
 Textura del suelo  
 ( 1 = f r a n c a ;  
 0=arcillosa u otra  
 textura);  
**CULTAi** Cultivo que  
 antecedió al maíz  
 en el uso del  
 terreno (1=maíz,  
 m i l p a , o  
 trigo; 0=otro  
 cultivo) En este  
 segundo renglón se  
 incluye frijol  
 abustivo, arveja,  
 papa y crucíferas;  
**FORM1i** Fórmula de  
 fertilizante  
 aplicada en la  
 p r i m e r a  
 fertilización  
 (1=aplica 20-20-0;  
 0=otra fórmula);  
**FORM2i** Fórmula de  
 fertilización  
 aplicada en la  
 s e g u n d a  
 fertilización  
 (1=aplica 46-0-0;  
 0 otra fórmula o  
 ninguna);  
**FERT1i** Fertilizante  
 aplicado en la  
 p r i m e r a  
 fertilización  
 (kg/hectárea);  
**FERT2i** Fertilizante  
 aplicado en la  
 s e g u n d a  
 fertilización  
 (kg/hectáreas);  
**Bj** j - é s i m o  
 coeficiente de  
 regresión parcial.  
 Se interpreta como  
 el efectode la j-  
 ésima variable en  
 RENDi;  
**Ui** Error aleatorio de  
 l a i - é s i m a

observación.  
 i=1, 2..., n Se refiere al  
 i-ésimo agricultor en la  
 muestra.

Para completar la  
 especificación, (1) se  
 fundamentan en los supuestos  
 del modelo clásico de  
 regresión lineal normal  
 (Kmenta: 1985, páginas 414; y  
 Gujarati: 1982, página 163).  
 El ajuste de (1) se hizo por  
 medio del método de mínimos  
 cuadrados ordinarios.

En el análisis empírico,  
 el modelo (1) fue modificado  
 ligeramente para su ajuste al  
 rendimiento de la Zona Alta.  
 La modificación consistió en  
 no considerar a la variable  
 SIST2. Esta variación al  
 modelo general, se debió al  
 hecho de no disponer en la  
 muestra de esta zona, de  
 observaciones que  
 comprendieran al sistema  
 maíz+frijol arbustivo.

#### Criterio de Significancia

Siguiendo a Theil (1971,  
 páginas 451-474), se consi-  
 dera que un regresor es  
 significativo si su razón de  
 "t" tiene un valor absoluto  
 mayor que la unidad.

**Nivel en que el uso de  
 variedades mejoradas comienza  
 a tener efectos  
 significativos en el  
 rendimiento de la zona**

Como ya se indicó, este  
 nivel se estimó con la prueba  
 de Student para comparación  
 de medias. Para deducir este  
 nivel, se utilizó el  
 estadístico de prueba de la  
 hipótesis:  $X_1 < C$ , donde C es

una constante. Este estadístico es

$t = (X_1 - C) / \text{Error Estándar}$   
 $d$  e  
 $X_1) \dots \dots \dots (2)$   
 el cual se distribuye con  $n-1$  grados de libertad.

Para la deducción practicada, "X1" es el rendimiento obtenido con el uso exclusivo de variedad tradicional, "C" representa un rendimiento obtenido con un nivel de VARM no conocido, y "n" es el número de agricultores que en la submuestra zonal, utilizan exclusivamente variedades tradicionales, el cual para las dos submuestras fue  $n = 17$ .

Para reducir el nivel de VARM que hace que C sea significativamente mayor que  $X_1$ , se estableció el valor de "t" para el cual se alcanza significancia al 10% de probabilidad teniendo 16 grados de libertad, esto es  $t = -1.35$ . Luego se despejó C, y posteriormente con el modelo de regresión, utilizando todas las variables en sus medios, excepto VARM, se obtuvo el mínimo nivel de este insumo que genera un "C" significativamente mayor que  $X_1$ .

**Elasticidades**

Doll y Orazem (1978, página 27), definen la elasticidad-producto como el coeficiente que mide el grado de respuesta entre producto e

insumo. La elasticidad de producción, como cualquier otra elasticidad, es independiente de las unidades de medida de las variables. La elasticidad-producto (EP), se define como:  $EP_j = (\delta Y / \delta X_j) (X_j/Y) \dots \dots \dots (3)$  en donde:

Y Producto o rendimiento  
 X j-ésimo insumo  
 j= 1, 2, ..., k

En (3),  $\delta Y / \delta X_j$  es la primera derivada parcial de Y con respecto a  $X_j$ , de donde se desprende que para una función como (1),

$E P_j = B_j (X_j/Y) \dots \dots \dots (4)$

En el presente trabajo, para el cálculo de  $EP_j$  se tomaron los valores promedio de los factores. Las elasticidades de las variables binarias se estimaron con la proporción muestral de agricultores clasificados con el atributo codificado con el número 1.

Para probar las hipótesis de respuesta menos que proporcional, los estadísticos de prueba se dedujeron de las estructuras matemáticas de las hipótesis mismas, esto es:

Si la hipótesis a probar es  $B_j (X_j/Y) < 1 \dots \dots \dots (5)$

despejando respecto a  $B_j$ , se tiene que la hipótesis a probar se puede plantear de una manera más sencilla, esto es

$B_j < (Y/X_j) \dots \dots \dots (6)$

De este modo, si la hipótesis

a probar es:

$$B_j (X_j/Y) > -1 \dots \dots \dots (7)$$

su expresión simplificada es:

$$B_j > -(Y/X_j) \dots \dots \dots (8)$$

En términos de prueba de hipótesis, las expresiones (6) y (8) son formas alternativas de la hipótesis "es efecto de j-ésima variable explicativa toma un valor igual a una constante" (Mateus Gardea, 1981, página 143), es decir,  $H_0: B_j = 0 \dots \dots \dots (9)$  por lo que, los estadísticos de prueba para (6) y (8), en su orden respectivo son:

$$t = (B_j - (X_j/Y)) (\text{Error Estándar de } B_j) \dots \dots \dots (10)$$
$$t = (B_j + (X_j/Y)) (\text{Error Estándar de } B_j) \dots \dots \dots (11)$$

distribuidas como "t" de Student con n-k-1 grados de libertad.

## RESULTADOS

### Resultados estadísticos

En los Cuadros 1 y 2, se presentan los modelos ajustados a los rendimientos de maíz obtenidos en las zonas baja y alta, respectivamente. En estos cuadros se puede observar que los modelos poseen coeficientes de determinación múltiple de 0.6691 y 0.6803, y "F" calculadas de 2.191 y 3.095, las cuales son significativas al 8.76 y 2.00% de probabilidad, respectivamente.

Los coeficientes de determinación indican que los modelos, en el orden en que se han enumerado, explican el 66.91 y el 68.03% de la

variación del rendimiento. Por otra parte, la significancia de las razones de "F" indica, que del grupo de variables consideradas en las ecuaciones, se puede esperar que por lo menos una registre efectos distintos de cero en el rendimiento. Este resultado puede corroborarse con el criterio del valor absoluto de "t" mayor que la unidad.

Los coeficientes de determinación múltiple y las pruebas de "F" indican que en su conjunto, las relaciones modeladas en este trabajo son significativamente explicativas del rendimiento de maíz, por lo que pueden emplearse con confianza para determinar la relevancia de las variables consideradas en ellas.

### Factores que afectan el rendimiento

Siguiendo el criterio de significancia acordado (valor absoluto de "t" mayor que la unidad), en los Cuadros 1 y 2 se pueden observar los factores que afectan el rendimiento de maíz en las zonas Bajas y Alta, respectivamente.

#### Zona Baja

En esta zona, los factores que inciden en el rendimiento son los siguientes:

**SIST1.** Sistema de cultivo I. Se determinó que los agricultores que producen maíz en asociaciones con frijol voluble, obtienen en promedio 700 kg de maíz/ha

menos que los agricultores que cultivan con otros sistemas. Para las condiciones medias (todas las variables explicativas en su valor promedio, exceptuando la variable bajo análisis), el modelo predice un rendimiento de 2540 kg/ha para maíz en monocultivo y de 1840 kg/ha para maíz en asociación con frijol voluble.

**VARM.** Uso de variedad mejorada. De acuerdo con la relación identificada en la regresión, por cada uno por ciento en que el área de maíz se cultive con variedad mejorada, el rendimiento se incrementa en 3.54 kg/ha. Para las condiciones medias, el modelo predice que utilizando solamente variedades criollas, el rendimiento será de 2098 kg/ha, en tanto que si se siembra toda el área con variedad mejorada, el rendimiento será de 2453 kg/ha. Se determinó que el uso de variedades mejoradas registra efectos significativos en el rendimiento promedio de la región, cuando al menos el 45% del área de maíz se encuentra cultivado con estas variedades. La deducción de este resultado se hizo a partir de:  $t = ( ( 2221.31 - C ) \sqrt{164.24} ) = 1.35$ .

**POS.** Densidad. Se encontró que existe una relación positiva entre esta variable y el rendimiento. Su coeficiente de regresión parcial indica que por cada mil posturas en que se incrementa esta variable, el

rendimiento aumentará en 33 kg/ha.

**TOP.** Topografía del terreno. Se determinó que el rendimiento promedio obtenido por los agricultores que cultivan en terrenos planos es 1236 kg/ha más alto que el alcanzado por agricultores que cultivan en ladera. Para las condiciones medias, el modelo predice 3293 kg/ha como rendimiento en terrenos planos, y 2057 kg/ha como rendimiento en terreno de ladera.

**FORM2.** Fórmula de fertilizante aplicada en la segunda fertilización. Se estimó que los agricultores que utilizan la fórmula 46-0-0 en la segunda fertilización, obtienen rendimientos que son inferiores en 464 kg/ha que los rendimientos obtenidos por los agricultores que emplean otras fórmulas o ninguna. Usando el modelo como predictor, para las condiciones medias se estima que los agricultores del primer grupo en cuestión obtienen rendimientos de 2054 kg/ha, y los del segundo grupo uno de 2518 kg/ha.

**FERT2.** Fertilizante aplicado en la segunda fertilización. Se identificó una relación positiva entre esta variable y el rendimiento. Se determinó que por cada kg de fertilizante aplicado, el rendimiento se incrementa en 1.34 kg/ha.

#### Zona Alta

En la Zona Alta, los

factores que afectan el rendimiento son los siguientes:

**ES.** Época de siembra. Se determinó que los agricultores que siembran en mayo y/o junio (época de primera), obtienen rendimientos inferiores en 448 kg/ha a los obtenidos por los agricultores que siembran en otras épocas. Asumiendo que todas las variables, exceptuando ES, se encuentran en sus valores medios, con el modelo se predice que en época de primera el rendimiento es de 3094 kg/ha y para las otras épocas, el rendimiento es de 3542 kg/ha

**VARM.** Uso de variedades mejorada. De la misma forma que en la zona Baja, los resultados indican que existe una relación positiva entre VARM y rendimiento. Sin embargo, en la Zona Alta la respuesta es mayor. El regresor parcial de esta variable indica que por cada uno por ciento en que se incrementa el uso de variedad mejorada, el rendimiento aumenta en 27 kg/ha.

Para las condiciones medias de las variables estudiadas, el modelo ajustado al rendimiento de esta zona, predice que en ausencia de variedades mejoradas, el rendimiento es de 2944 kg/ha, en tanto que para el caso de emplear sólo variedades mejoradas, este asciende a 5684 kg/ha. Se determinó que el empleo de estas variedades comienza a tener efectos significativos en el rendimiento promedio de

esta zona, cuando por lo menos el 14.26% del área de maíz se cultiva con estos materiales.

**TOP.** Topografía del terreno. Se determinó que las medias de rendimiento comparadas a través de esta variable binaria son significativamente diferentes. Los resultados indican que en terrenos planos, el rendimiento supera en 1083 kg/ha al rendimiento obtenido en terrenos de ladera. Haciendo predicciones con el modelo, para las condiciones medias se estimó que en topografía plana el rendimiento es de 4073 kg/ha. Para terrenos en ladera, el rendimiento estimado es de 2990 kg/ha.

**CULTA.** Cultivo que antecedió al maíz en el uso del terreno. En esta zona, cultivar maíz como rotación de maíz, sistemas de milpa o trigo, conduce a obtener rendimientos menores en 1801 kg/ha que los rendimientos obtenidos en rotaciones que consideren a frijol, arveja, papa, o crutíferas, como cultivo antecesor. Empleando el modelo como predictor, para las condiciones medias se estima que los agricultores del primer grupo en cuestión obtienen rendimientos de 1922 kg/ha, y los del segundo grupo uno de 3723 kg/ha.

**FORM1.** Fórmula de fertilizante aplicada en la primera fertilización. Se encontró que existen diferencias de rendimiento como producto de las fórmulas empleadas en la primera fertilización. Sin embargo, este resultado es



irrelevante pues no se encontró respuesta a niveles de fertilizante.

### **Elasticidad-producto**

Las elasticidades-producto, como se indicó en la metodología, fueron calculadas para los valores promedio de los factores que resultaron relevantes en la explicación del rendimiento en cada zona. Las elasticidades obtenidas se presentan en el Cuadro 4. Para facilitar su interpretación en el Cuadro 3 se presentan los rendimientos promedio, y las medias y proporciones de los factores que fueron empleados en el ajuste de los modelos de regresión.

Como puede apreciarse en el Cuadro 4, todas las elasticidades calculadas tienen un valor absoluto menor que la unidad, lo cual indica que la respuesta del rendimiento a estos factores es inelástica. Este resultado se verifica con el no rechazo de las hipótesis de que la elasticidad es menos que proporcional. Sin embargo, como se verá en las predicciones hechas a continuación, los efectos en el rendimiento que registran estos factores, tienen una envergadura respetable.

### **Efectos relativos en el rendimiento de la Zona Baja**

En la Zona Baja, el uso del sistema M + FV se observa en el 26% de los agricultores. Si el empleo de este sistema se llevase al 100% de los productores, es decir,

que su empleo se incrementase en 271.47% sobre su uso actual, entonces, de acuerdo con la elasticidad obtenida para este factor, el rendimiento promedio de la zona se vería mermado en 23.10%. Sin embargo, no todo sería negativo, pues la disponibilidad de frijol voluble se vería incrementada en función directa del incremento del área de este tipo de frijol (en esta zona, el rendimiento actual de frijol voluble es de 163.61 kg/ha.

Si la adopción de variedades mejoradas se observase en el 100% del área de maíz, es decir, que el uso de este insumo se incrementase en 203.03%, entonces se podría esperar que el rendimiento promedio aumentase en 10.72%, lo cual equivaldría a 237 kilogramos sobre el rendimiento actual.

De los factores que afectan el rendimiento, la densidad de siembra, es la variable que registra la mayor elasticidad-producto. Sin embargo, es el factor que menos cambios puede experimentar, pues la tecnología manual del cultivo en la región, no permite hacer mayores cambios en los arreglos topológicos. De esta cuenta, para este factor se simuló un 10% de incremento, el cual traería consigo un incremento del rendimiento de 1.93%.

De acuerdo con los datos muestrales, es 12.75% de los agricultores de esta zona produce maíz en terrenos planos. Si por presiones del

mercado, el cultivo se practicase totalmente en terrenos de ladera, es decir, que se redujese en 100% el porcentaje actual en áreas planas, entonces el rendimiento se reduciría en 7.11%.

En materia de fertilización, la elasticidad obtenida para el fertilizante aplicado en la segunda fertilización, indica que por cada 10% en que se incremente el nivel aplicado, el requerimiento se incrementa en 0.83%. Si el nivel actual se duplicase, el rendimiento se elevaría en 8.31%. Es necesario mencionar, que para esta fertilización el ICTA recomienda un nivel de 101.25 kg/ha de 46-0-0, sin embargo los resultados obtenidos señalan que existe respuesta arriba de este nivel.

#### **Efectos relativos en el rendimiento de la Zona Alta**

La época de siembra registró una elasticidad producto de 0.0445 para siembras realizadas en mayo y/o junio. El uso predictivo de esta elasticidad es limitado, pues las áreas de siembras de primera, de humedad residual, y otras, se encuentran bien definidas por características ecológicas, por ejemplo, por la capacidad de retención de humedad del suelo, por lo que no se hicieron predicciones con esta elasticidad.

La elasticidad del uso de variedad mejorada en esta zona indica que si el empleo de estos materiales se observa en el 100% de los

agricultores, es decir, si la utilización de este insumo se incrementase en 831.10% sobre el nivel actual, el rendimiento se incrementaría en 75.55%.

La topografía del terreno en esta zona presenta una elasticidad similar a la observada en la zona baja. Si en esta zona el cultivo de maíz se cultivase en un 100% en áreas de ladera, el rendimiento se reduciría en un 7.67%.

De los factores que afectan el rendimiento en esta zona, el cultivo antecesor consigna el mayor efecto relativo. Su elasticidad indica que si el maíz se cultivase en un 100% como rotación de maíz, milpa o trigo, es decir, si se incrementase esta rotación en 36.82% sobre el nivel actual, entonces, el rendimiento se vería mermado en 14.97%. Si el maíz se cultivase como rotación de frijol, arveja, crucíferas, o papa, en un 100%, es decir, si la rotación con maíz, milpa, o trigo, disminuyese en 100%, entonces, el rendimiento de maíz se incrementaría en 40.65%.

#### **CONCLUSIONES**

En la zona baja, el rendimiento de maíz se relaciona positivamente con el uso de variedades mejoradas, la densidad de siembra, el fertilizante aplicado en la segunda fertilización y ser practicado en terrenos de topografía plana. Por otra

parte, responde negativamente a la asociación con frijol voluble, y acusa mayores medias cuando en la segunda fertilización se aplican fórmulas diferentes a la Urea.

Se encontró que la Zona Baja, el rendimiento de maíz no responde a la época de siembra, la asociación con frijol arbustivo, la textura del suelo, el cultivo anterior en el uso del terreno y fórmula y cantidad de fertilizante empleados en la primera fertilización.

En la Zona Alta, el rendimiento de maíz está directamente relacionado con el uso de variedad mejorada y ser cultivado en terrenos planos. Por otro lado, se relaciona inversamente con ser cultivado en terrenos donde hubo maíz, milpa o trigo, y ser sembrado en época de primera. También se observa que presenta menores promedios cuando se aplica la fórmula 20-20-0 en primera fertilización.

No se encontró respuesta del rendimiento de maíz en la zona Alta a la asociación con frijol voluble, textura de suelo, densidad de siembra, y fertilización.

El rendimiento promedio anual, principia a ser afectado significativamente cuando el nivel de empleo de variedades mejoradas alcanza el 45% del área de maíz en la zona baja y el 14.26% en la zona alta.

En ambas zonas, la res-

puesta del rendimiento de maíz a cambios relativos en los niveles de los factores que muestran relevancia para explicarlo, es inelástica, es decir, responde de manera menos proporcional. Sin embargo, aun cuando existe inelasticidad, la respuesta del rendimiento no se puede calificar como marginal.

Los factores que pueden registrar mayores cambios en el rendimiento de maíz, si la totalidad de agricultores los emplease son: el uso del sistema maíz + frijol voluble, el cual reduciría el rendimiento actual de la zona baja en 23.10%, y el uso de variedad mejorada y el cultivo de maíz en terrenos donde hubo frijol, arveja, papa, y crucíferas, los cuales incrementarían el rendimiento actual de la zona alta en 75.55 y 40.65%, respectivamente.

#### RECOMENDACIONES

Reforzar el apoyo a la transferencia de variedades mejoradas a los agricultores, dado su potencial productivo.

La producción de maíz en terrenos de ladera se observó en una proporción respetable (87.25% de los agricultores en la zona baja y 77.08% en la Zona Alta). Por otra parte, este tipo de topografía reduce el rendimiento, por lo que se recomienda desarrollar y transferir prácticas agronómicas que puedan reducir su efecto limitativo, tales como, métodos de conservación de suelos y fertilización.

Desarrollar prácticas agronómicas para la producción de maíz en asociación con frijol voluble, tales como fertilización y densidades de siembra.

Desarrollar variedades de frijol voluble que acusen interacción positiva con maíz, y apoyar la transferencia de las ya existentes.

Desarrollar recomendaciones de fertilización para los sistemas de rotación de cultivos que consideren maíz, tales como, papa-maíz y crucíferas-maíz, de manera que el agricultor pueda hacer un mayor aprovechamiento de este insumo.

#### BIBLIOGRAFIA

DOLL, J.P. and F. ORAZEM. 1978. Production Economics. Theory with Applications. Columbus, Ohio, Grid Incs.

GUJARATI, D. 1982. Econometría Básica. Traducción del inglés de J.M. Mesa. México, Libros McGraw-Hill.

KMENTA, J. 1985. Elementos de Econometría. Primera reedición. Traducción del inglés de M. Peñalver. Barcelona, España, Vicens-Universidad.

MATUS GARDEA, J. A. 1981. Notas para acompañar el Curso de Econometría. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados.

PELAEZ, J.G. y G.P. SHIRAS. Análisis de los factores que inciden en el rendimiento del

maíz en el parcelamiento La Máquina, Guatemala. Trabajo presentado en la XXIV Reunión Anual del PCCMCA, realizada en San Salvador, República de El Salvador, del 10 al 14 de julio de 1978.

REYES-HERNANDEZ, M. 1982.

El impacto de la Tecnología Generada por ICTA para el Cultivo de Maíz en el Parcelamiento La Máquina: Una evaluación de adopción. Guatemala, ICTA.

REYES-HERNANDEZ, M. y S.S.

GARCIA. 1987. El Cultivo de Trigo en Epoca de Primera en Chimaltenango, Guatemala: Su importancia regional, perspectivas futuras y determinación de los factores que afectan al rendimiento. Guatemala, Socioeconomía Rural/ICTA, (No publicado).

REYES-HERNANDEZ, M. y S.

GARCIA. 1990. La Adopción de la Tecnología Transferida a través del PROGETTAPS para los cultivos de maíz, frijol arbustivo, trigo, papa, y crucíferas: una evaluación de los primeros dos años de ejecución del proyecto en Chimaltenango, Guatemala. ICTA, archivo de la Dirección Técnica Vegetal. (No publicado).

RUIZ DE LONDOÑO, N. y P. PINSTRUP-ANDERSEN. 1975.

Descripción de Factores Asociados con Bajos Rendimientos de Maíz en Fincas Pequeñas de tres Departamentos de Colombia. Serie ES-No. 18. Cali, Colombia, CIAT, septiembre de 1975.

RUIZ DE LONDOÑO, N. y P.  
PINSTRUP-ANDERSEN, J.H.  
SANDERS y M.A. INFANTE.  
Factores que Limitan la  
Productividad de Frijol en  
Colombia. Serie 06SB-2. Cali,  
Colombia, CIAT, noviembre de  
1978.

THEIL, H. Principles of  
Econometrics. New York, Wiley  
& Sons, 1971.

CUADRO 1. MODELO DE REGRESION LINEAL MULTIPLE AJUSTADO AL RENDIMIENTO DE MAIZ EN LA ZONA BAJA DE CHINALTENANGO, CHINALTENANGO. 1989.

Factores	Parámetro Estimado	Error estándar	Razón "t"
Intercepto	2120.1086	1065.9844	1.989
ES. Epoca de siembra (1=mayo y/o junio; 0=otro mes)	163.6629	550.7554	0.297
SIST1. Sistema de cultivo I (1=maíz + frijol voluble; 0=otro sistema)	-700.4885	672.8724	-1.041
SIST2. Sistema de cultivo II (1=maíz + frijol arbustivo; 0=otro sistema)	-307.2873	388.6461	-0.791
VARM. Uso de variedad mejorada (% del área de frijol con variedad mejorada)	3.5428	3.4076	1.040
POS. Densidad (miles de posturas/ha)	33.4880	25.0604	1.336
TOP. Topografía del terreno (1=plana; 0=ladera)	1235.7083	702.6213	1.759
TEX. Textura del suelo (1=franca; 0=arcillosa u otra textura)	-336.3990	375.1872	-0.897
CULTA. Cultivo que antecedió al frijol en el uso del terreno (1=maíz, milpa, o trigo; 0=otro cultivo)	-547.9931	667.2644	-0.821
FORM1. Fórmula de fertilizante aplicada en la primera fertilización (1=aplica 20-20-0; 0=otra fórmula)	-90.9719	288.6647	-0.315
FERT1. Fertilizante aplicado en la primera fertilización (kg/ha)	0.9900	1.4720	0.673
FORM2. Fórmula de fertilizante aplicada en la segunda fertilización (1=aplica 46-0-0; 0=otra fórmula o ninguna)	-463.5130	319.7029	-1.450
FERT2. Fertilizante aplicado en la segunda fertilización (kg/ha)	1.3364	1.2270	1.089
-----			
Coeficiente de determinación múltiple: 0.6691			
F <sub>c</sub> = 2.191 (significativo al 0.0876 de probabilidad)			
Número de observaciones: 26			
Variable dependiente: Rendimiento (kg/ha)			
-----			

CUADRO 2. MODELO DE REGRESION LINEAL MULTIPLE AJUSTADO AL RENDIMIENTO DE MAIZ EN LA ZONA ALTA DE CHIMALTEMANGO, CHIMALTEMANGO. 1989.

Factores	Parámetro Estimado	Error Estándar	Razón "t"
Intercepto	5109.2194	1374.6387	3.717
ES. Epoca de siembra (1=mayo y/o junio; 0=otro mes)	-448.2003	421.3659	-1.064
SIST1. Sistema de cultivo 1 (1=maíz + frijol voluble; 0=otro sistema)	-498.2387	572.6965	-0.870
VARM. Uso de variedad mejorada (% del área de frijol con variedad mejorada)	27.3977	13.4352	2.039
POS. Densidad (miles de posturas/ha)	-55.9840	86.7375	-0.645
TOP. Topografía del terreno (1=plana; 0=ladera)	1083.2114	494.8476	2.189
TEX. Textura del suelo (1=franca; 0=arcillosa u otra textura)	344.8430	460.2927	0.749
CULTA. Cultivo que antecedió al frijol en el uso del terreno (1=maíz, milpa, o trigo; 0=otro cultivo)	-1800.9241	402.9998	-4.469
FORM1. Fórmula de fertilizante aplicada en la primera fertilización (1=aplica 20-20-0; 0=otra fórmula)	-490.8099	398.2488	-1.232
FERT1. Fertilizante aplicado en la primera fertilización (kg/ha)	-0.0995	2.1936	-0.045
FORM2. Fórmula de fertilizante aplicada en la segunda fertilización (1=aplica 46-0-0; 0=otra fórmula o ninguna)	-133.0656	516.7122	-0.258
FERT2. Fertilizante aplicado en la segunda fertilización (kg/ha)	1.1684	1.8240	0.641

Coefficiente de determinación múltiple: 0.6803

Fc = 3.095 (significativo al 0.0200 de probabilidad)

Número de observaciones: 28

Variable dependiente: Rendimiento (kg/ha)

CUADRO 3. VALORES MEDIOS Y PROPORCIONALES DE LAS VARIABLES EMPLEADAS EN EL AJUSTE DE LAS FUNCIONES DE PRODUCCION DE LAS ZONAS BAJA Y ALTA. CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO. 1989.

Factores productivos/rendimiento	Zona Media	Baja o	Zona Media	Alta o
REND. Rendimiento (kg/ha)	2215.00	718.03	3238.00	1059.00
ES. Epoca de siembra (1=mayo y/o junio; 0=otro mes)*	0.7308	0.1018	0.3238	0.1558
SIST1. Sistema de cultivo I (1=maíz + frijol voluble; 0=otro sistema)*	0.2692	0.1677	0.8690	0.0684
SIST2. Sistema de cultivo II (1=maíz + frijol arbustivo; 0=otro sistema)*	0.4423	0.1465	--	--
VARM. Uso de variedad mejorada (% del área de frijol con variedad mejorada)	33.00	46.58	10.74	15.32
PO5. Densidad (miles de posturas/ha)	12.75	6.03	9.97	1.90
TOP. Topografía del terreno (1=plana; 0=ladera)*	0.1275	0.1832	0.2293	0.1659
TEX. Textura del suelo (1=franca; 0=arcillosa u otra textura)*	0.3744	0.1551	0.3663	0.1504
CULTA. Cultivo que antecedió al frijol en el uso del terreno (1=maíz, milpa, o trigo; 0=otro cultivo)*	0.8846	0.0666	0.7309	0.0980
FORM1. Fórmula de fertilizante aplicada en la primera fertilización (1=aplica 20-20-0; 0=otra fórmula)*	0.5000	0.1387	0.3571	0.1515
FORM2. Fórmula de fertilizante aplicada en la segunda fertilización (1=aplica 46-0-0; 0=otra fórmula o ninguna)	0.3462	0.1586	0.2143	0.1675
FERT1. Fertilizante aplicado en la primera fertilización (kg/ha)	233.44	125.14	244.26	91.85
FERT2. Fertilizante aplicado en la segunda fertilización (kg/ha)	137.74	171.22	119.69	130.66

\* Para estas variables, en el cuadro se consigna la proporción muestral (y su error estándar) de los agricultores que se identifican con el atributo 1. Por ejemplo, para la variable ES se presenta la proporción de agricultores que siembran en mayo y/o junio.



CUADRO 4. ELASTICIDADES-PRODUCTO DE LOS FACTORES QUE REGISTRAN EFECTOS DISTINTOS DE CERO EN EL RENDIMIENTO DE MAIZ OBTENIDO EN LAS ZONAS BAJA Y ALTA, CHIMALTENANGO., 1989.

Factores	Elasticidades	Razón 't'	Nivel de Significancia
Z O N A B A J A			
SIST1. Sistema I	-0.0851	11.189	( 0.0001
VARM. Uso de variedad mejorada	0.0528	-18.660	( 0.0001
POS. Densidad	0.1929	-5.586	( 0.0001
TOP. Topografía del terreno	0.0711	-22.970	( 0.0001
FERT2. Fertilizante aplicado en la segunda fertilización.	0.0831	-12.018	( 0.0001
Z O N A A L T A			
ES. Epoca de siembra	-0.0445	22.846	( 0.0001
VARM. Uso de semilla mejorada	0.0909	-20.401	( 0.0001
TOP. Topografía del terreno	0.0767	-26.348	( 0.0001
CULTA. Cultivo que antecedió al maíz en el uso del terreno	-0.4065	6.524	( 0.0001

OFERTA TECNOLÓGICA EN EL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays)  
DE LA AGENCIA DE DESARROLLO DE EL PROGRESO YORO, HONDURAS

I. Ponce <sup>1</sup>; M. Castillo <sup>2</sup>

RESUMEN

En la Agencia de Desarrollo de El Progreso, Yoro comenzó la investigación en finca a partir de 1978, la misma cuenta con un área de influencia para el cultivo de maíz de 8804 ha distribuidas en los dos ciclos de cultivo. Con el propósito de recopilar toda la información disponible en materia de investigación en finca y analizar dicha información se realizó el estudio sobre oferta tecnológica en el cultivo de maíz.

Dentro de las tecnologías identificadas en relación a variedades se encontró la Guaymas B-101, Sintético Tuxpeño, Hondureño Planta Baja, Honduras H-27 y H-29.

En consideración a fertilizantes se pudo identificar una dosis promedio de 90-0-35 y con respecto a control de malezas el Gesaprim-80 (atrazina) 1.5 kg/ha con aplicaciones de Gramoxone (Paraquat) 1.5 lt/ha aplicado en forma

dirigida. Para el control de zacate de leche (Ixoporus inicetus) aplicaciones en preemergencia de Dual 960 (Metolachlor) 1.5 lt/ha y para el problema de caminadora (Rottboellia cochinchinensis) aplicaciones en pre-emergencia de Prowl-500 (pendimentalina) 3 lt/ha.

La tecnología descrita anteriormente, satisface la demanda de aquellos agricultores que tienen acceso al crédito o tienen capital ilimitado; sin embargo, la misma no es apropiada para el grupo de agricultores de capital limitado.

INTRODUCCION

La investigación agrícola a nivel de fincas en el área de influencia de la Agencia de El Progreso, comenzó en el año de 1978 con el propósito de comprobar y validar en los predios de los agricultores los mejores resultados obtenidos en las

<sup>1</sup> Ing. Agr. Ms. Jefe disciplina Socio Economía. Ministerio de Recursos Naturales.

<sup>2</sup> Ing. Agr. Investigador en Finca. Agencia de El Progreso. Ministerio de Recursos Naturales.

Palabras Claves: Oferta tecnológica, Maíz, Variedades, Fertilizantes, Herbicidas.

Estaciones Experimentales, estos trabajos fueron conducidos por personal técnico que se movilizaba desde Guaymas hasta las diferentes Agencias de Extensión lo cual en cierta medida dificultaba el manejo de los ensayos.

La situación anteriormente descrita, fue analizada en la reunión anual del Programa Nacional de Investigación Agropecuaria realizada en abril de 1981 en donde se acordó darle reorientación a las actividades de Investigación en Fincas, la cual comenzó a llamarse Enlace Tecnológico Investigación-Extensión. Se estableció que a nivel de cada Agencia debían formarse equipos de trabajo integrados por investigadores y extensionistas agrícolas que trabajarían sistemáticamente con los agricultores. Esta modalidad de trabajo se comenzó a ejercer en la Agencia de El Progreso en el año de 1983 contando con dos investigadores y cuatro extensionistas.

La metodología del enlace tecnológico, contemplaba que la investigación debía de comenzar con un diagnóstico para detectar cuales eran los problemas que más estaban afectando a los agricultores, trabajo que fue realizado con la ayuda del PHIA (Proyecto Hondureño de Investigación Agrícola), quienes dieron asesoramiento en las disciplinas de socioeconomía, fertilidad de suelos, control de malezas y entomología.

Después de realizado el Diagnóstico se priorizaron las actividades en las cuales se harían el mayor número de investigaciones, entre estas se contemplaban trabajos en los cultivos de maíz, arroz y yuca; trabajos que fueron apoyados por los asesores del PHIA hasta el año de 1985.

Los trabajos desarrollados desde 1985 hasta 1990, han sido conducidos por personal hondureño capacitado en las diferentes disciplinas y se ha enfocado mas que todo a la validación de las tecnologías previamente generadas.

#### OBJETIVOS

1. Revisar las investigaciones realizadas en el cultivo de Maíz con el fin de conocer las tecnologías generadas en las disciplinas de mejoramiento varietal, control de malezas y fertilidad de suelos.
2. Analizar si las tecnologías generadas cumplen con las circunstancias de los agricultores.
3. Retroalimentar la investigación.

#### MATERIALES Y DISCUSION

La Agencia de Desarrollo de El Progreso, se encuentra ubicada en la Ciudad de El Progreso, Departamento de Yoro; la cual depende de la Dirección Regional de Recursos Naturales N°3 con sede en San Pedro Sula.

En La Agencia se trabaja en los Programas de Extensión Agrícola, Investigación, Ganadería y Recursos Renovables, tiene su área de influencia entre los 15° y 16° latitud Norte y entre los 87° y 88° longitud Oeste que abarca los municipios de Progreso, Santa Rita, parte de Morazán y El Negrito en el Departamento de Yoro; parte de los municipios de La Lima y San Manuel en el Departamento de Cortés y una pequeña área en el Municipio de Tela, Atlántica.

Para efectos de conveniencia el área de influencia de la Agencia se ha dividido en cinco rutas de trabajo de Extensión Agrícola, las cuales son apoyadas por el Departamento de Investigación Agrícola.

La metodología del trabajo ha consistido en hacer una revisión de todas las investigaciones realizadas en el cultivo de maíz que se han ejecutado en el área de influencia de la Agencia, para ello se han tomado como fuente de información:

- Documentos publicados de reuniones anuales del Programa Nacional de Investigación Agrícola.
- Documentos de reuniones para dar a conocer los resultados de Investigación a nivel regional.
- Trabajos técnicos de investigación realiza-

dos a nivel de Agencia (archivo).

- Archivos personales de técnicos de la Secretaría de Recursos Naturales.
- Entrevistas con personal técnico que participó en las investigaciones realizadas.

Posteriormente se procedió a reunir los trabajos en las tres disciplinas de investigación: mejoramiento varietal, fertilidad de suelos y control de malezas. Se ordenaron por año para su respectivo análisis y así poder tener una mejor idea de como a evolucionado la investigación a través de las etapas de la investigación en fincas.

#### REVISION LITERARIA

#### Importancia del cultivo de maíz en la agencia de el progreso

El cultivo del maíz ocupa el primer lugar en área sembrada en la Agencia de El Progreso (Cuadro 1), seguido por el arroz, soya, frijol y yuca entre los cultivos anuales. También en el área de influencia de la Agencia hay grandes extensiones con cultivos permanentes, los cuales en su mayoría son para la exportación, entre estos se mencionan el banano, palma africana, caña de azúcar, plátano, cítricos, cacao y café, (11).

Las áreas dedicadas al cultivo de maíz, por lo general, son tierras marginales, las que en algunos casos están sujetas a: inundaciones o sequía, y en otros casos se ubican en zonas de ladera.

El Departamento de Extensión Agrícola de la zona de El Progreso, reporta que el cultivo de maíz es el de mayor ocupación por los agricultores del área existiendo un total de 909 agricultores independientes y 160 grupos del sector reformado, quienes en conjunto siembran un total de 8,804 ha (5,087 ha en el ciclo de primavera y 3,726 ha, en el ciclo de postrera), Cuadros 2, 3 y 4. Del área total sembrada de maíz, solamente reciben asistencia técnica el 25.5% que equivale a 2,241 has, quedando 6,563 ha sin asistencia, (74.5% del área sembrada), las que se encuentran distribuidas en las cinco rutas de extensión agrícola, (12).

La tecnología utilizada en la zona para el cultivo de maíz, se considera bastante baja. Según encuestas realizadas por el PHIA en el año de 1984, se encontró que el 44% de los agricultores con crédito sembraban variedades mejoradas y el 56% de los productores sin crédito, reportaron que sembraron variedades degeneradas. En cuanto a fertilizantes, el 56% de los agricultores con crédito fertilizaron, así como el 47% de los agricultores sin crédito. En relación al control de male-

zas, se encontró que el control químico era el componente tecnológico más utilizado en los dos dominios de recomendación ya que el 83% de los agricultores con crédito y el 68% de los agricultores sin crédito utilizaron herbicidas, (3).

Al priorizar las actividades de investigación en el cultivo de maíz, se recomendó trabajar en el control de malezas, variedades, fertilidad de suelos y control de plagas para los agricultores con crédito y en los componentes de densidad de siembra, tratamiento de la semilla, control de malezas y fertilidad de suelos para los agricultores sin crédito, (3).

#### **Evolución de la investigación agrícola en Honduras**

La investigación agrícola en Honduras es relativamente nueva y se ha venido desarrollando, principalmente, con el apoyo del Gobierno de la República. Dados sus antecedentes institucionales se ha dividido en cuatro fases:

1. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola (STICA), organizado en 1951. Con él se inició la investigación y la extensión agrícola. Su labor se concretó en la conducción de lotes demostrativos. Posteriormente, en el año de 1962 se creó el Departamento de Agronomía para coordinar la expe-

rimentación agrícola en el país.

2. Servicio Cooperativo de Desarrollo Rural (DESARRURAL), surge con la desaparición del STICA en 1964, continuó desarrollando investigación.
3. Dirección General de Desarrollo Agropecuario (DESAGRO), creada en 1974 en remplazo del DESARRURAL en su estructura se incorporó al Departamento de Investigación Agropecuaria.
4. En 1975 DESAGRO pasó a llamarse Dirección General de Operaciones Agrícolas (DGOA) y el Departamento de Investigación, pasó a denominarse Programa Nacional de Investigación Agropecuarias (PNIA).

La evolución del enfoque de la investigación también se puede dividir en tres fases (Figura 1) :

- a. La investigación tradicional organizada por rubro comenzó en el año de 1952 en STICA, era realizada mayormente en Estaciones Experimentales y muy pocos ensayos se conducían fuera de ellas.
- b. En 1977, el Proyecto de Maíz y Frijol (PROMYF) introdujo ensayos a nivel de fincas con el

fin de comprobar y afinar paquetes tecnológicos.

- c. En 1978, el Programa Nacional de Investigación Agropecuaria, introdujo un nuevo estilo a la investigación en fincas, se le da mayor participación al agricultor y se toma en cuenta toda la unidad de producción.
- d. En 1982, se institucionaliza el enlace tecnológico de investigación extensión con algunas pequeñas modificaciones al modelo anterior, (13).

#### Investigación en predios de los agricultores

Al comenzar la investigación agrícola a nivel de fincas, un paso bien importante fue delimitar los dominios de recomendación. Estos se definen como "un grupo de agricultores para quienes es posible hacer más o menos la misma recomendación", esta actividad es necesaria ya que dentro de una misma comunidad podemos encontrar agricultores realizando diversas prácticas aún en el mismo cultivo, (1).

La investigación que se lleva a cabo en predios de los agricultores, facilita la comunicación entre investigadores y agricultores. Por medio de ella, se asegura una mejor percepción de los problemas y limitaciones a los que se enfrentan los agricultores para producir y

se puedan tomar en cuenta dentro del proceso de desarrollo tecnológico, (1)

La metodología utilizada en El Salvador menciona, que es básico e importante la participación activa de elementos como los agricultores y su familia, los miembros del equipo multidisciplinario, organizaciones campesinas, autoridades gubernamentales. Después que se conforma este equipo se procede a seleccionar el área tomando en cuenta factores como: prioridad gubernamental y posibilidad de utilizar los resultados en otras áreas. La metodología contempla las actividades de diagnóstico, formulación de opciones, investigación tecnológica, transferencia tecnológica y adopción de tecnología, (2).

#### **Enlace tecnologicoo investigacion-extensión**

En Honduras a partir del año 1982 se implementó lo que se llamó el Enlace Tecnológico Investigación-Extensión, modelo que había sido usado en la región de Olancho en años anteriores. Con este enlace se trataba de formar equipos integrados por investigadores, extensionistas y agricultores en donde cada uno de ellos tendría una participación muy activa (Figura 1).

Esta metodología contempla en su fase inicial, la capacitación de técnicos investigadores y extensionistas, quienes partirían con un

diagnóstico de la zona para luego realizar una serie de trabajos de campo, que comenzarían con:

- Ensayos Regionales: Son experimentos manejados por los investigadores para generar alternativas de producción o para evaluar tecnologías generadas a nivel nacional o internacional. Estos experimentos por lo general tienen un alto número de tratamientos y son sometidos a un diseño experimental y sujetos de análisis estadísticos, se llevan a cabo en un pequeño número de localidades en fincas de agricultores, seleccionados estratégicamente para muestrear la variabilidad agroecológica de la zona.

- Ensayos de Comprobación: Son experimentos manejados por el investigador y el extensionista con el apoyo de los agricultores, estos ensayos tendrán un diseño experimental y serán sujetos de análisis estadísticos, en él se incluyen los mejores tratamientos del ensayo Regional; los cuales no deben ser mas de seis, incluida la práctica del agricultor y tendrán que ser ubicados en un mayor número de localidades.

- Pruebas de Agricultor: Son parcelas semicomerciales en donde el mejor tratamiento de los ensayos de Comprobación es sometido al manejo de agricultor, para que este pueda visualizar mejor los efectos de la prueba. La conducción de estas parcelas, es responsabilidad del agri-

cultor con apoyo del extensionista y del investigador, quienes ayudarán a llevar algunos registros de costos y luego poder hacer un análisis agronómico y de costos.

Esta metodología contempla otras actividades como: registros de cultivos, giras educativas, días de campo, encuentros y talleres con agricultores, (6).

El enlace tecnológico investigación-extensión ha sido reforzado con la creación de la Metodología Unificada para la Entrega de Servicios (MUES), la cual contempla una integración de todos los programas de la Secretaría de Recursos Naturales a nivel de Agencia y su fin es resolver la problemática de los diversos sistemas de producción, procurando que la relación hombre-medio de producción alcance un equilibrio ideal, (Figura 2, 9).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Area de mejoramiento

En el área de influencia de la Agencia de El Progreso la investigación en fincas comenzó a trabajar sin antes haber hecho un diagnóstico con los pequeños y medianos agricultores, sino que se inició en aspectos que los técnicos creían que eran los que estaban limitando la producción.

En los Cuadros 5, 6, 7 y 8 aparecen los trabajos realizados en la disciplina de mejoramiento desde el año

1978 a 1986, los cuales dieron inicio en el ciclo A, con la instalación de seis ensayos regionales de variedades (Cuadro 5), ubicados en diferentes localidades de los Departamentos de Yoro, Cortés y Santa Barbara. De estos ensayos, dos fueron sembrados en la Agencia de El Progreso, específicamente en las localidades de Camalote y La Sarroza, en ellos se incluyeron las mejores variedades de polinización libre seleccionadas en la Estación Experimental de Guaymas; como resultado se obtuvo que solamente en una localidad se presentaron diferencias en rendimiento al nivel de 5%, como se puede ver las mejores fueron: La máquina 7422, Dekalb B-666, Hondureño Planta Baja, Guaymas VA-501 y Tocumen 7428 con rendimientos que oscilaban entre 5.1 y 5.49 ton/ha, mientras que la variedad testigo alcanzó un rendimiento de 4.63 ton/ha, en estos ensayos no se hizo análisis combinado, ni prueba de medias para detectar cuales eran los mejores rendimientos estadísticamente.

En el año de 1979 en el ciclo A, se establecieron en la Agencia dos ensayos de los cinco que se sembraron a nivel regional. Estos experimentos incluían 16 tratamientos, en las dos localidades se encontraron diferencias altamente significativas, aunque no se hicieron análisis combinados ni prueba de medias, se mencionan como las variedades más sobresalientes: Sintético Tuxpeño con 6.59 ton/ha



seguido de las variedades Pichilingue 7429, Dekalb B-666, ICTA T-101, Across 7522 y La Máquina con rendimientos de 5.14, 5.03, 5.02, 5.00 y 4.92 ton/ha, respectivamente. La variedad Guaymas B-101 ocupó el noveno lugar con 4.36 ton/ha y Hondureño Planta Baja ocupó el décimo lugar con 4.26 ton/ha.

El mismo año de 1979 en el ciclo B, se instalaron dos experimentos con los mismos materiales del ciclo anterior y aunque no se encontraron diferencias significativas estadísticamente para rendimiento, todas las variedades tuvieron un comportamiento similar, entre estas se mencionan: Sintético Tuxpeño, Guaymas B-101, Hondureño Planta Baja, Across 7522, ICTA B-1, Dekal B:666 e ICTA-CENTA, con rendimientos entre 3.38 y 4.26 ton/ha. Es importante mencionar, que a partir de 1979 la variedad La Máquina 7422 comenzó a llamarse Guaymas B-101, nombre con el cual fue liberada como variedad comercial.

Como resultado de los ensayos regionales de ciclos anteriores se conformó el ensayo de comprobación, en donde se incluían las variedades comerciales Sintético Tuxpeño y Hondureño Planta Baja; la variedad local y las variedades experimentales Guaymas B-101 y La Máquina 7422xC-10-9, se sembraron cuatro ensayos a nivel regional de los cuales uno se estableció en la Agencia de El Progreso. De estos ensayos aunque no se

dispone de análisis estadístico, se detectó que las variedades experimentales superaron en más de una tonelada métrica al testigo local; sin embargo, un sólo ensayo de este tipo no se puede considerar como consistente.

Durante el año de 1980, en el ciclo A se sembraron ocho ensayos regionales de variedades (Cuadro 6), de los cuales dos se establecieron a nivel de Agencia, en donde se incluían los mismos tratamientos anteriores, al analizar la información obtenida no se encontraron diferencias significativas. Creemos meritorio a pesar de los resultados, mencionar las variedades que han venido sobresaliendo con rendimientos entre 5.33 y 6.6 ton/ha las variedades La Máquina, Icta-Centa, Guaymas B-101, Pichilingue 7429, Serena Amarilla, Sintético Tuxpeño y Hondureño Planta Baja.

También el mismo año de 1980, en el ciclo A, a nivel regional se sembraron cinco ensayos de comprobación, dos de ellos se plantaron en sendas localidades de la agencia, de estos ensayos no se dispone de análisis estadístico, pero las variedades experimentales y comerciales superaron en rendimiento al testigo local que ocupó el último lugar con 3.65 ton/ha y los rendimientos de La Máquina 7422xC-10-9, Guaymas B-101, Hondureño Planta Baja y Sintético Tuxpeño fueron de 4.42, 4.21, 4.18 y 4.04 ton/ha, respectivamente.

Para el año de 1982 se sembró un ensayo regional de variedades en la localidad de Urraco Norte de El Progreso, Yoro, en donde se probaron doce materiales, resultando con mayor rendimiento y mejores características agronómicas la variedad Poza Rica 7843 con 7.57 ton/ha seguido de Guaymas 8022 (1), Los Diamantes 8043 (1) y La Máquina 7843 con rendimientos de 7.18, 6.93 y 6.85 ton/ha, las cuales superaron en mas de una ton/ha a la variedad del agricultor que obtuvo 5.05 ton/ha.

Como se puede ver en los Cuadros 5 y 6, de doce ensayos de variedades sembrados hasta 1980, ocho que correspondían al 73% fueron ensayos regionales y solamente el 27% (3) eran de comprobación, lo cual significa que era necesario darle otro enfoque a la Investigación en Fincas. Es decir, realizar mayores ensayos de comprobación, ya que a medida que se avanza en las diferentes etapas de Investigación, es necesario tener un mayor número de localidades y ciclos muestreados.

En el año de 1983, se establece el equipo de Enlace Tecnológico Investigación-Extensión en la Agencia de El Progreso el cual se conformó con dos investigadores y cuatro extensionistas, quienes se encargaron de localizar los colaboradores para establecer los ensayos, y así de esta forma contar con una mayor participación de los agricultores en la conducción

de los mismos. Este año se sembraron tres ensayos regionales de variedades en donde se incluyeron las variedades comerciales, pero con mejoramiento para los aspectos de menor altura de planta y menor porcentaje de mazorcas mal cubiertas, además en el mismo ensayo se incluyeron algunos híbridos. Entre las variedades en estudio las mejores fueron Sintético Tuxpeño, Sintético II y Guaymas II con rendimientos de 5.02, 5.22 y 4.76 ton/ha, los mejores híbridos fueron Siatsa H1 y Pioneer 6055A con rendimientos de 5.34 y 5.09 ton/ha, no se dispone del análisis estadístico pero, se puede observar que todos los materiales en estudio obtuvieron un ligero incremento en rendimiento con respecto al testigo local que alcanzó 4.40 ton/ha.

En la etapa de Comprobación en el año de 1983, se sembraron seis ensayos en fincas del agricultor, con sus tratamientos (Cuadro 7), en estos trabajos aunque no se cuenta con análisis estadístico las cinco variedades experimentales obtuvieron rendimientos similares los cuales oscilan entre 3.21 ton/ha, Sintético Tuxpeño con 6.59 ton/ha. seguido de las variedades Pichilingue 7429, Dekalb-B-666, ICTA T-101, Across 7522 y La Máquina con rendimientos de 5.14, 5.03, 5.02, 5.00 y 4.92 ton/ha, respectivamente. La variedad Guaymas B-101 ocupó el noveno lugar con 4.36 ton/ha. y Hondureño Planta Baja ocupó el décimo

lugar con 4.26 ton/ha.

En el año de 1988 en el ciclo A, se establecieron cuatro lotes demostrativos, cada uno constaba de dos tratamientos: Honduras H-27 con 82 kg/ha, de nitrógeno más 59 kg/ha de fósforo y el otro tratamiento era Honduras H-27 con 141 kg/ha de nitrógeno más 59 kg/ha de fósforo con el primer tratamiento se obtuvo un rendimiento de grano de 5.4 ton/ha y con el segundo 5.20 ton/ha, este trabajo se hizo mas que todo con el fin de dar a conocer el Híbrido Honduras H-27 y a la vez afinar la recomendación de fertilidad.

En el año de 1989, se sembraron dos ensayos Regionales de Híbridos Blancos, los cuales no se cosecharon debido a que fueron afectados seriamente por la sequía.

#### **Area de fertilidad**

Los trabajos desarrollados en el área de fertilidad han sido pocos en comparación con los realizados en el área de mejoramiento. En el Cuadro 9, se puede apreciar que la investigación comenzó en el año de 1978 en el ciclo A, con dos ensayos Exploratorios de nitrógeno y fósforo (niveles N=0,40.80 y 120 kg/ha, y niveles de P=0,40 y 80 kg/ha) en los cuales solamente se encontró significancia para nitrógeno, resultando con mejores rendimientos los tratamientos 120-0 con 5.3 ton/ha, seguido por el 80-0 con 4.49 ton/ha,

el 40-0 con 4.08 ton/ha y el testigo 0-0 con 3.43 ton/ha. El tratamiento óptimo económico resultó ser el nivel 120-0 kg/ha.

Posteriormente, en el año de 1979 ciclo B, se hicieron siete ensayos a nivel Regional de los cuales dos se establecieron a nivel de Agencia, estos ensayos se analizaron como bloques completamente al azar y en ellos se encontraron diferencias altamente significativas, resultando como mejores tratamientos el 160-0 con 8.57 ton/ha, 120-0 con 7.73 ton/ha, el 80-0 con 6.75 ton/ha, el 40-20 con 5.77 ton/ha, y el testigo 0-0 con 3.66 ton/ha.

En base a los resultados de 1978-A, en el año de 1979 ciclo B, se sembraron cuatro ensayos de comprobación a nivel regional, de los cuales uno se sembró en la Agencia de El Progreso, se puede observar que los mejores tratamientos fueron el 77-45 con 3.49 ton/ha., el 90-0 con 3.35 ton/ha, el 45-0 con 2.03 ton/ha, que superaron ampliamente al testigo 0-0 que presentó un rendimiento de 1.1 ton/ha.

Para confirmar resultados obtenidos en el año anterior, en 1980-A en la Agencia de El Progreso, se sembraron tres ensayos regionales, los que se planificaron como factoriales incompletos. En una localidad no hubo significancia para rendimiento y en las otras dos se encontró significancia al 1% y 5%, en este ensayo no

se hizo análisis por factor, por lo que no se puede determinar a que nutrientes hubo respuestas; sin embargo, al promediar los resultados de las tres localidades se encontró que el tratamiento con rendimiento más alto fue el 160-30-0 con 5.67 ton/ha, seguido del 80-0 con 5 ton/ha, el 80-30-0 que resultó con el óptimo económico obtuvo 4.9 ton/ha, y el testigo 0-0-0 con 4.18 ton/ha. La diferencia de resultados alcanzados en este ensayo indica que es necesario zonificar el área de influencia de la agencia, ya que por las respuestas obtenidas se pueden establecer diferentes dominios de recomendación.

En la etapa de comprobación el mismo año de 1980 ciclo A, se sembraron tres ensayos, en ellos se probaron los mismos tratamientos del ciclo B-1979, no se cuenta con análisis estadísticos; sin embargo, en el promedio de las tres localidades resultó con mejor rendimiento el tratamiento 90-0 con 4.59 ton/ha, el cual también tenía el óptimo económico, le sigue el tratamiento 77-45 con 4.45 ton/ha, el 45-0-0 con 2.94 ton/ha, que superaron al testigo 0-0 que obtuvo 2.31 ton/ha.

En el ciclo B de 1980 (Cuadro 10), se sembraron dos ensayos regionales de fertilidad en calidad de exploratorios, en los cuales se evaluó en NPK cada uno de ellos en dos niveles, en estos ensayos solo se observó respuesta para N al 5% y el

promedio para Guaymas fue de 2.9 ton/ha, y para El Progreso de 6.19 ton/ha.

Similar situación se dió en 1981-A en donde se probó en dos localidades, La Sarroza y Agua Blanca con dos niveles de N (NO) y 160 kg/Ha.) y dos niveles para P (P=0 y 60 kg/ha. En Guaymas se probó el NPK cada uno de ellos a dos niveles; en las tres localidades se encontró respuesta al 5% para N y el promedio para La Sarroza fué de 4.03 ton/ha, para Guaymas 3.06 ton/ha, y para Agua Blanca 2.78 ton/ha.

Después de 1981 los trabajos de fertilidad fueron suspendidos porque no se contaba con investigadores en finca, a partir de 1983 los trabajos fueron dirigidos a otras actividades en maíz, soya, yuca y arroz.

En 1986-A se sembró un ensayo de NPK solo se encontró significancia a la interacción N\*K, siendo el óptimo económico el nivel 50-0-35 con 4.48 ton/ha.

#### **Area de control de malezas**

El deficiente control de malezas es el mayor problema que a través de los años han tenido los agricultores, sin embargo son pocos los ensayos realizados en esta área. Los trabajos se iniciaron en 1978-A (Cuadro 11), sembrándose dos ensayos en la Agencia de El Progreso de los siete a nivel Regional. Se probaron los herbicidas pre-emergentes Gesaprim Combi, Gesarpim 80 y Prowl 300, cada

uno de ellos en diferentes dosis, el análisis estadístico reportó diferencias significativas a rendimiento, siendo los mejores el Siempre Limpio con 5.59 ton/ha, el Gesaprim Combi con 5.51 ton/ha, Practica del Agricultor con 5.14 ton/ha, el Gesaprim 80 con 5.12 ton/ha, y el Prowl 300 con 4.49 ton/ha, el óptimo económico fue Gesaprim Combi.

Los ensayos de control de malezas fueron descontinuados y fue hasta 1984-B que se retomó la investigación como resultado del diagnóstico que se realizó ese año, donde se recomendó trabajar en el área de control de malezas, en ese año se probaron los herbicidas pre-emergentes Roundup y Gramoxone en labranza mínima.

En el mismo año se probaron el Erradicane, Prowl y Gesaprim 80 en mezclas de diferentes dosis para comprobar su efectividad en el control del Coyolillo (Cyperus sp) y Caminadora (Rottboellia conchinchinensis). En los dos tipos de ensayos conducidos en 1984-B no se hizo ni discusión ni análisis económico por no ser confiables los datos obtenidos.

En 1985-A se repitió el ensayo para control de Coyolillo con los mismos productos y dosis de 1984; al hacer el análisis estadístico no se encontró diferencias significativas estadísticamente, tampoco se hizo análisis económico porque el Erradicane no se encuentra en

el mercado.

Durante 1986-A (Cuadro 12) se probó el Dual, Lasso, Karmex y Prowl (cada uno mezclado con Gesaprim 500) y el Primextra, solamente en una localidad se encontró diferencia altamente significativa y en promedio los mejores tratamientos fueron Dual (1 lt/ha) +Gesaprim 500 (3 l/ha) con 6.53 ton/ha, seguido de Lasso (2 l/ha) +Gesaprim 500 (3 lt/ha) con 6.2 ton/ha, Prowl 500 (3 l/ha)+Gesaprim 500 (3 l/ha) con 5.87 ton/ha, el óptimo económico se obtuvo con el primer tratamiento.

El mismo año de 1986-A, se probaron Roundup y Gramoxone para el control de caminadora en labranza mínima, de este no se cuenta con datos de rendimiento en vista de que no fue bien manejado.

Los problemas de pérdida de humedad del suelo sumado a la escasez de maquinaria agrícola, fue una de las causas por las cuales se le dió prioridad a los trabajos de labranza mínima, en el año 1987-A, en donde se usaron los herbicidas Roundup y Gramoxone sobre suelo sin preparar y se compararon contra la labranza convencional (arado y rastra). En este ensayo el tratamiento Variedad del Agricultor; Chapia; Gesaprim 80(1.5 kg/ha)+Gramoxone (1.5 lt/ha) en suelo no preparado obtuvo un rendimiento de 4.25 ton/ha estando aquí el óptimo económico, en el sistema de labranza convencional se

obtuvo un rendimiento de 4.11 ton/ha.

En 1988-B se hizo un ensayo del mismo tipo que el anterior con el fin de validar tecnología. Se sembró en las localidades de Corozalito y Cowle, donde se encontraron diferencias altamente significativas para rendimiento y la labranza reducida fue mejor que la convencional. En este trabajo el óptimo económico para Cowle fué el tratamiento chapia; Gesaprim 80 (1.5 kg/ha); Gramoxone (1.5 kg/ha) usado en cero labranza con un rendimiento de 2.76 ton/ha Gramoxone (1.5 lt/ha) sobre suelo preparado con el que se obtuvo un rendimiento de 2.89 ton/ha.; los cuales superaron en rendimiento a la práctica del agricultor que obtuvo 1.46 ton/ha.

Como se puede apreciar en las observaciones de los Cuadro 11 y 12, aparecen algunos ensayos en los que la información no es confiable, ya que los trabajos de control de malezas no eran manejados con un criterio definido y uniforme, sino que con el conocimiento escaso sobre los mismos, pero esta situación cambió en 1987 cuando se realizó el Taller sobre Manejo Agronómico de Ensayos en donde se establecieron las pautas a seguir en trabajos de investigación en el cultivo de maíz.

Resumiendo lo relacionado con las áreas de investigación, se puede observar en el Cuadro 13, el comportamiento de los mejores mate-

riales que se sostuvieron en los primeros lugares en cuanto a rendimiento fueron Guaymas B-101, Sintético Tuxpeño, Hondureño Planta Baja y Honduras H-27 con frecuencias de 11, 8, 7 y 4 respectivamente (total 15 ciclos).

El Cuadro 14, reporta la relatividad de trabajos en relación a las áreas de investigación y etapas de la misma, se puede observar que el área en la cual se han realizado mas trabajos en el mejoramiento con 51 actividad (63.8%) y la etapa de investigación con mas trabajos es en Ensayos Regionales con 46.25%.

#### CONCLUSIONES

1. Las tecnologías identificadas se resumen de la siguiente manera:
  - En relación a variedades de polinización libre:
    - \* Sintético Tuxpeño
    - \* Hondureño Planta Baja
    - \* Guaymas B-101
  - En relación a híbridos:
    - \* Honduras H-27
    - \* Honduras H-29
  - En relación a fertilizantes:
    - \* 90-0-35
  - En relación a control de malezas:
    - \* Gesaprim 80 (1.5 kg/ha); Gramoxone (1.5 lt/ha) para zonas con malezas menos problemáticas.

- \* Para zonas con zacate de leche (Ixoporus unicae-  
tus), agregar Dual 960 (1.5 lt/ha).
  - \* Para zonas con Caminadora (Rottboellia con-  
chinchinensis); agregar Prowl 500 (3 lt/ha)
2. Las tecnologías generadas responden a las demandas de los agricultores con acceso al crédito o con capital ilimitado. Sin embargo, las mismas no son apropiadas para el dominio de escasos recursos.

#### RECOMENDACIONES

1. Mejorar y evaluar nuevamente las variedades Guaymas B-101 y La Máquina 7843 (Guayape B-102).
2. Apoyar a los Programas de transferencia de tecnología para difundir las tecnologías generadas en el dominio correspondiente.
3. Generar tecnologías más económicas que estén de acuerdo a las circunstancias de los agricultores de escasos recursos.
4. Realizar un diagnóstico agronómico a nivel de Región.

CUADRO 1. CULTIVOS ANUALES Y PERMANENTES POR AREA Y USO.

Cultivos Anuales	Area (HAS.)	Uso
Maíz	8804	Consumo Nac. y concentrado
Arroz	4000	Consumo Nac.
Soya	246	Concentrado
Frijol	241	Consumo Nac.
Yuca	150	Consumo Nac. y exportación
-----		
Cultivos Permanentes		
Palma Africana	4276	Exportacion y aceite
Banano	6000	Exportación
Caña de Azúcar	4200	Producción de azúcar
Platano	5000	Exportacion y consumo Nac.
Cítricos	700	Exportacion y consumo Nac.
Cacao	250	Exportación
Café	297	Exportacion y consumo Nac.
-----		



CUADRO 2. AREA Y PRODUCTORES DE MAIZ EN LA AGENCIA DE EL PRDGRESO.

# Fruta	Prod. Ind.	Area (ha)		# de Grupo	# de Socio	Area (ha)		Total Prod.	Area (ha)		Total
		A	B			A	B		A	B	
1	65	313	131	27		401	370		714	683	1397
2	325	762	107	29		549	124		1311	231	1542
3	85	524	365	26		742	481		1266	846	2112
4	433	691	839	8	157	108	139		799	978	1777
5	1	1	8	70	1017	980	980		988	988	1976
<b>Total</b>	<b>909</b>	<b>2298</b>	<b>1632</b>	<b>160</b>		<b>2780</b>	<b>2094</b>		<b>5078</b>	<b>3726</b>	<b>8804</b>

CUADRO 3. AREA Y PRODUCTORES DE MAIZ NO ASISTIDO.

# Fruta	Prod. Ind.	Area (ha)		# de Grupo	# de Socio	Area (ha)		Total Prod.	Area (ha)		Total
		A	B			A	B		A	B	
1	65	313	131	19		131	187		626	500	1126
2	216	599	107	26		489	106		1088	213	1301
3	80	469	365	5		187	193		656	558	1214
4	379	636	743	7	137	63	104		699	847	1546
5				56	694	688	688	694	688	688	1376
<b>Total</b>	<b>740</b>	<b>2017</b>	<b>1528</b>	<b>113</b>		<b>1740</b>	<b>1278</b>		<b>3757</b>	<b>2806</b>	<b>6563</b>

CUADRO 4. AREA Y PRODUCTORES DE MAIZ ASISTIDO.

# Fruta	Prod. Ind.	Area (ha)		# de Grupo	# de Socio	Area (ha)		Total Prod.	Area (ha)		Total
		A	B			A	B		A	B	
1				8		88	183		88	183	271
2	109	163		3		60	18		223	18	241
3	5	55		21		555	288		610	288	898
4	54	55	96	1	20	45	35		100	131	231
5	1	8	8	14	323	292	292	324	300	300	600
<b>Total</b>	<b>169</b>	<b>281</b>	<b>104</b>	<b>17</b>		<b>1040</b>	<b>816</b>		<b>1321</b>	<b>920</b>	<b>2241</b>

CUADRO 5. INVESTIGACIONES REALIZADAS EN MEJORAMIENTO DE 1978-A a 1979-B

(#)	(#)									
Cultivo	Loc.	Mejores Tratamientos	Significancia	Nivel De Análisis	Etaoa de la Invest.	Año	Ciclo	Titulo del Ensayo	Observaciones	
Maíz	2/6	La máquina 7422	5.49	1 NS 1 *	Regional	Regional	1978	A	Evaluación de rendimiento de trece variables comerciales y experimentales en 6 loc. de la Costa Norte de Honduras. 1978-A	13, trat. localidad Camolote y la Sarroza.
		DEKALB B_666	5.26							
		HPB	5.14							
		Guaymas VA-501	5.10							
		Tocumen 7428	5.10							
		Variedad Local	4.63							
Maíz	2/5	Sintético Tuxpeño	6.59	2 **	Regional	Regional	1979	A	Evaluación de variedades comerciales y Experimentales de Maíz en fincas de Agricultores, Zona Norte de Honduras. 1979-A	16, trat. loc. Omonita y quebrada de Yoro.
		Pichilingue 7429	5.14							
		DEKALB B_666	5.03							
		ICTA T-101	5.02							
		ACROSS 7522	5.00							
		La Máquina	4.92							
		Guaymas 8-101(10)	4.36							
HPB	4.26									
Maíz	2/6	ICTA-CENTA	4.26	2 SN	Regional	Regional	1979	B	Evaluación de variedades de maíz a través de 6 localidades.	16, trat. loc. La Sarroza y Estero de Indios.
		DEKALB B_666	4.16							
		ICTA B-1	4.01							
		ACROSS 7522	3.90							
		HPB	3.78							
		Guaymas 8-101	3.64							
		Sintético Tuxpeño	3.38							
Maíz	1/4	HPB	3.69	N/D	Regional	Comprobación	1979	B	Ensayo demostrativo de variedades 5, trat. loc. Estero de Indios.	
		Guaymas 8-101	3.45							
		La Máquina								
		7422XC-10-9	3.18							
		Variedad Agrícola (Sint. criollo)	1.9							
		Sintético Tuxpeño	1.53							

# 2/6= Seis ensayos en toda la región, de los cuales corresponden a la Agencia de El Progreso, Yoro.  
& Basados en rendimientos superiores a la media.

CUADRO 6. INVESTIGACIONES REALIZADAS EN MEJORAMIENTO DE 1980-A a 1983-A

(#)	(§)									
Cultivo	Loc.	Mejores Tratamientos	Significancia	Nivel De Análisis	Etapas de la Invest.	Año	Ciclo	Título del Ensayo	Observaciones	
Maíz	2/8	La Máquina	6.60	2 MS	Regional	Regional	1980	A	Evaluación de variedades de maíz en 8 localidades	15, trat. localidad La Sarroza y Guaymitas.
		ICTA-CENTA	6.54							
		Guaymas B-101	6.45							
		Pichilingue 7429	6.26							
		Senena Amarilla	5.88							
		Sintético Tuxpeño	5.75							
HPB	5.33									
Maíz	2/5	La Máquina		N/D	Regional	Comprobación	1980	A	Ensayo demostrativo de variedades	5, trat. loc. Guaymitas, La Sarroza Var, agric.: Olotillo, Sintético criollo
		7422XC-10-9	4.42							
		Guaymas B-101	4.21							
		HPB	4.18							
		Sintético Tuxpeño	4.04							
Variedad Agrícola	3.65									
Maíz	1/2	Poza Rica	7.57	N/D	Regional	Regional	1982	A	Evaluación de variedades de maíz	12, trat. loc. Urraco Norte,
		Guaymas 8022(1)	7.18							
		Los Diamantes 8043(1)	6.93							
		La Máquina 7843	6.85							
		Variedad Agrícola	5.05							
Maíz	3/12	Sintético Tuxpeño	5.02	N/D	Agencia	Regional	1983	A	Ensayo Regional de variedades	13, trat (7 var. de Poli. libre 5 híbridos y el tes. local) loc.: Est. Exp. Omonita, Buena Vista y Col. Berlin.
		Sintético II	5.22							
		Guaymas II	4.76							
		Siatsa H-1	5.34							
		Pionner 6055-a	5.09							
		Tes. Loc.	4.40							

# 2/6= Seis ensayos en toda la región, de los cuales corresponden a la Agencia de El Progreso, Yoro.

& Basados en rendimientos superiores a la media.

CUADRO 7. INVESTIGACIONES REALIZADAS EN MEJORAMIENTO DE 1983-A a 1985-A

(#)	(&)			Nivel De	Etapa de				
Cultivo	Loc.	Mejores Tratamientos	Significancia	Análisis	la Invest.	Año	Ciclo	Título del Ensayo	Observaciones
Maíz	6/9	La Máquina 7843 Selección cob. Guaymas II Variedad Agrícola Sintético II Sintético Tuxpeño	N/D 3.91 3.76 3.54 3.41 3.12		Agencia	1983	A	Comportamiento de 5 var. de maíz en 9 ensayos de comprobación en la Región Norte	6, trat. (4 var. mejoradas, var. loc +1 var. con Tec. agric.) Loc: Coop. Morazan, La Igualdad, Camalote Sur, Soberano del Norte, La 29 y Naranjo Chino.
Maíz	3/3	Pioneer 5065-A H-27 La Máquina 7843 S.C Sintético II Sintético Tuxpeño	4.47 4.11 4.14 3.75 3.42	Trat. NS Var. XLoc. *	Agencia	1984	A	Reg. de Var. de maíz en 3 loc. El Progreso 84-A	10, trat. (5 var. de poli. libre, 4 hibr. + 1 tes. local. Loc: Monterrey, Pajuiles y El Balsamo
Maíz	4/4	Sintético 0 Sintético II Guaymas II Hondureño P. B.	3.11 3.22 3.39 2.89	N/D	Agencia	1984	A	Lotes Demostrativos de variedades	4 trat. Loc.: Lagarto Blanco, Com. El Jute, Pajuiles.
Maíz	2/2	DELALB B-666 (1) H-9 H-27 Guaymas B-101 HPB Sintético Tuxpeño	6.28 6.20 5.56 6.24 5.81 5.63	Trat. * Hib. vrs. var. *	Agencia	1985	A	Evaluación d variedades e Hib. de maíz en 2 loc. del depto de Yoro	11 trat. (4 Hib. 7 var. poli. lib) loc: Guaymitas, El Balsamo, Ana. Combinado
Maíz	3/3	H-27 Guaymas IV Sintético IV	3.96 3.03 2.89	N/D	Agencia	1985	A	Lotes Demostrativos de maíz	3, trat. (1 Hib. y 2 var) Loc: Santa Rita, Guanchia y Guaymitas

# 2/6= Seis ensayos en toda la región, de los cuales corresponden a la Agencia de El Progreso, Yoro.  
 & Basados en rendimientos superiores a la media.

CUADRO 8. INVESTIGACIONES REALIZADAS EN MEJORAMIENTO DE 1986-A a 1988-A

(#)	(&)									
Cultivo	Loc.	Mejores Tratamientos	Significancia	Nivel De Análisis	Etapas de la Invest.	Año	Ciclo	Titulo del Ensayo	Observaciones	
Maíz	4/4	H-27 Yes. Local	3.29 2.13	N/D	Agencia	L. demost.	1986	A	Evaluación de lotes demost. del H-27 en loc. El Progreso Yoro	2, trat. Loc.: Omonita, La Sarroza Coop. San Miguel, La Guacamaya (2 lotes).
Maíz	1/1	Cruza 130 DEKALB B-833 H-9 Cruza 109 H-5 H-27	4.17 4.25 4.14 4.07 3.52 3.46	**	Agencia	Regional	1986	A	Ensayo Reg. de híbridos blancos	15, trat. Loc.: Guanchias.
Maíz	4/4	Pioneer X-5800 XH-2030(GUAT.) (407X405)(401X402) (406X405)(407) Pioneer 3204 (407X404)(403X401)	4.46 4.16 3.90 3.77 3.75 3.29	*	Agencia	Regional	1986	A	Ensayo Reg. de híbridos amarillos	12, trat. Loc. La Guacamaya.
Maíz	2/2	1-Honduras H-27 2-Var. agric. + T.R. 3-Var. agric.+P. agri. 4-Honduras B-104	5.62 4.40 2.67 2.02	1 Vrs. 2 * 3 Vrs. 4 *	Agencia	L. demost.	1987	A	Trans. de tec. con las var. de maíz hib. H-27 y HB-104	2 trat./localidad. Loc.: Cowle, Casanova, Guanchias, Omonita, Camalote y Lagarto Blanco Analisis esta. con pruebas de "T"
Maíz	2/2	Sint. Tux. + T. R Var. Agri. + T. R. Var, agric.+P. agri.	4.48 4.34 1.93	**	Agencia	L. demost.	1988	A	Lotes demostrativos de maíz	3, trat. Loc.: Lupo Viejo y Cowle Var. del agri.: Sintét. degenerado
Maíz	4/4	H-27+(82+59kg/ha.NP) H-27+(141+59kg/ha.NP)	5.40 5.20	NS	Agencia	L. demost.	1988	A	Comportamiento del maíz, hib. blancos H-27, a 2 niveles de fert. en 4 loc.	2 trat. Loc.: El Remolino, La Colorada, Sta. Rita y Perdiz. Analisis esta. con pruebas de "T"

# 2/6= Seis ensayos en toda la región, de los cuales corresponden a la Agencia de El Progreso, Yoro.

& Basados en rendimientos superiores a la media.

CUADRO 9. INVESTIGACIONES REALIZADAS EN MEJORAMIENTO DE 1978-A a 1980-A

	(#)	(%)								
Cultivo	Loc.	Mejores Tratamientos	Significancia	Nivel De Análisis	Etapa de la Invest.	Año	Ciclo	Título del Ensayo	Observaciones	
Maíz	2/2	120 - 0	5.30	OE N=*	Regional	Regional	1978	A	Ensayo Regional de Fertilidad	12 trat. (factorial 4X3), niveles de N=0,40,80 y 120 niveles de P= 0,40 y 80 loc. La Sarroza y Camalote
		80 - 0	4.94	P=NS						
		40 - 0	4.08	N*P=NS						
		0 - 0	3.43							
Maíz	2/7	160 - 0	8.57	2 ** <sup>1</sup>	Regional	Regional	1979	B	Ensayo de NP en siete loc. del Norte de Honduras.	13 trat. (factorial incompleto), niveles de N=0,40,80,120 y 160, niveles de P=0,20,40,60 y 80, Loc.= Estero de Indios, La Saarro mejor trat. por rendimiento físico
		120 - 20	7.73							
		80 - 0	6.75							
		40 - 20	5.77							
		0 - 0	3.66							
Maíz	1/4	77 - 45 - 0	3.49	ND	Regional	Comprobación	1979	B	Lotes demostrativos de fertilizantes	4 trat., loc.=Estero de Indios.
		90 - 0 - 0	3.35							
		45 - 0 - 0	2.03							
		0 - 0 - 0	1.10							
Maíz	3/8	160 - 30 - 0	5.67	1 NS	Regional	Regional	1980	A	Ensayo MPK en ocho loc. de la Costa Norte	11 trat. factorial incompleto Loc.= Guaymitas, La Sarroza, Agua Blanca
		80 - 0 - 0	5.00	1 *						
		80 - 30 - 0	4.90	OE-1 **						
		0 - 0 - 0	4.18							
Maíz	3/4	90 - 0 - 0	4.59	OE ND	Regional	Comprobación	1980	A	Lotes demostrativos de Fertilizantes	4 trat., loc.=Guaymitas, La Sarroza y Agua Blanca
		77 - 45 - 0	4.43							
		45 - 0 - 0	2.94							
		0 - 0 - 0	2.31							

OE= Optimo Económico

ND= No Disponible

IDRO 10. RESULTADOS DE ENSAYO DE FERTILIDAD DE 1980-B a 1986-A.

(#)	(#)									
ltivo	Loc.	Mejores Tratamientos	Significancia	Nivel De Análisis	Etapa de la Invest.	Año	Ciclo	Título del Ensayo	Observaciones	
iz	2/2	X Para Guaymas X Para Progreso	2.9 6.19	N*	Agencia	Regional	1980	B	?	Loc.: Guaymas y Progreso Niveles para Guayma: N=0-200, P=0-100, K=0-100 Niveles para Progreso: Ecu. de Regresión Guaymas: Y=1.64+0.015N Ecu. Regresión Progreso: Y=5.37+0.013N
iz	3/3	X Sarroja X Guaymas X Agua Blanca	4.03 3.06 2.78	N*	Agencia	Regional	1981	A	?	Loc.: Sarroza, Guaymas y Agua Blanca Niveles para Sarroza: N=0-160, P=0_60 Niveles para Guaymas: N=0-120, P=0-40, K=0-50 Niveles para Agua Blanca: N=0-160, P=0-60 Ecu. Regresión Sarroza: Y=2.25+0.0246N Ecu. Regresión Guaymas: Y=2.02+0.036N-0.0002N^2 Ecu. Regresión Agua Blanca: Ecu. 1.79+0.014N
iz	1/1	50 - 0 - 35 0 - 0 - 0	4.48 3.59	OE NK*	Agencia	Regional	1986	A	Evaluación de la respuesta del Maíz a la aplicación de NPK. La Guacamaya, Guanchias, Yoro 86-A	16 trat. Factorial incompleto. niveles de M=0,50 y 100 niveles de P=0,30 y 60 niveles de K=0,35 y 70 Loc.: La Guacamaya, Guanchias

= Optimo Económico

CUADRO 11. INVESTIGACION REALIZADA EN CONTROL DE MALEZA DE 1978-A a 1985-A

(#)	(4)		Nivel De	Etapa de	Año	Ciclo	Titulo del Ensayo	Observaciones		
Cultivo	Loc	Mejores Tratamientos	Signif.	Análisis	la Invest.					
Maíz	2/7	Siempre limpio	5.59	1 *	Regional	Regional	1978	A	Ensayo control de Maleza en 7 localidades de la Costa Norte.	9 trat. productos evaluados=Gesaprin combi., Gesa: 80 y Prowl. Loc.: La Sarroza y Camalote.
		Gesaprin Combi(2kg/ha)	5.51	OE 1 **						
		Prác. Agricultor	5.14							
		Gesaprin 80 (2kg/ha)	5.12							
		Prowl300(3lt/ha)	4.59							
Maíz	1/1	Roundup(1.5lt/ha)	5.12	NS	Agencia	Comprobación	1984	B	Ensayo de herbicidas en sistema de labranza reducida.	4 TRAT. Loc.: Coop. La Libertad, Lagarto Blanco. ----->ENSAYO NO CONFIABLE{-----
		Roundup(1.5lt/ha); Gramox.(2lt/ha)	6.44							
		Gramox.(4lt/ha)2 aplic.	4.87							
		Prác. Agricultor(Gramox.2lt/ha)	4.62							
Maíz	1/1	Erradicane(3lt/ha);Prowl(3lt/ha)+ Gesap.80(1.5kg/ha)	3.47	NS	Agencia	Comprobación	1984	B	Control de Coyolillo y Caminadora en el cultivo de maíz.	4 trat. Loc.: ? ----->ENSAYO NO CONFIABLE{-----
		Erradicane(4lt/ha);Prowl(3lt/ha)+ Gesap.80(1.5kg/ha)	4.19							
		Erradicane(5lt/ha);Prowl(3lt/ha)+ Gesap.80(1.5kg/ha)	3.49							
		Práctica Agricultor	4.39							
Maíz	1/1	Erradicane(3lt/ha);Prowl(3lt/ha)+ Gesap.80(1.5kg/ha)	4.48	NS	Agencia	Comprobación	1985	A	Control de Coyolillo	5 trat. Loc.:Omonita Erradicane ya no existe en el mercado
		Erradicane(4lt/ha);Prowl(3lt/ha)+ Gesap.80(1.5kg/ha)	4.97							
		Erradicane(5lt/ha);Prowl(3lt/ha)+ Gesap.80(1.5kg/ha)	4.77							
		Prowl(3lt/ha)+Gesap.80(1.5kg/ha); 2,4-D(0.5lt/ha)	4.19							
		Prowl(3lt/ha)+Gesap.80(1.5kg/ha); 2,4-D(1lt/ha)	4.68							

OE= Optimo Económico



CUADRO 12. INVESTIGACION REALIZADA EN CONTROL DE MALEZA DE 1986-A a 1988-B

(#)	(&)		Signif.	Nivel De Análisis	Etapa de la Invest.	Año	Ciclo	Título del Ensayo	Observaciones	
Maíz	2/2	Dual(1lt/ha)+Gesa.500(3lt/ha)	6.53	OE 1 *	Agencia	Regional	1986	A Experimento de control Químico de Malezas	9 trat. Productos=Dual, Lasso, Karmex, Prowl(todos mezclados con Gesaprin 500), Primextra. Loc.: La Guacamaya, Guanchias y Coop. Corozalito, Omonita.	
		Lasso(2lt/ha)+Gesa.500(3lt/ha)	6.20	1 NS						
		Prowl500(3lt/ha)+Gesa.500(3lt/ha)	5.87							
		Práctica del Agricultor	5.79							
Maíz	1/1		NS	Agencia	Regional	1986	A	Ensayo Regional de control de caminadora en el cultivo de maíz. 1986-A	7 trat. (Chapia+Gramoxone;Chapia+roundop, Control manual). Loc.= Finca Monterrey -----)ENSAYO NO CONFIABLE(-----	
Maíz	2/2	Sint. V; Chapia; Gesa.80(1.5kg/ha); Gramox.(1.5lt/ha)+suelo no prepa.	4.53	NS	Agencia	Comprobación	1987	A	Ensayo de comprobación en Labranza reducida en dos localidades en el Norte de Honduras.	8 trat.; Loc.: Clasismo y Cowle Productos usados: Gramoxone, Gesaprin 80, Dual 960 y Prowl 500
		Var. Agri.;Chapia; Gesa.80(1.5kg/ha); Gramox.(1.5lt/ha)+suelo no prepa.	4.25	OE						
		Var. Agri.;Chapia; Gesa.80(1.5kg/ha)+ Dual960(1.5lt/ha);Gramox.(1.5lt/ha)+ Suelo Preparado	4.11							
Maíz	2/2	1-Chapia;Gramox.(1.5lt/ha); Gramox.(1.5lt/ha)+suelo no prepa.	2.26	1+2+3VRS.5**	Agencia	Comprobación	1988	B	Cero Labranza en el cultivo de maíz	5 trat. Loc.: Corozalito y Cowle Análisis estadístico por contraste ortogonales. Productos usados: Gramoxone y Gesaprin 80
		2-Chapia;Gesa.80(1.5kg/ha); Gramox.(1.5lt/ha)+suelo no prepa.	2.76	OE						
		3-Chapia;Control Manual+ Suelo no preparado	1.73							
		4-Gesa.80(1.5kg/ha);Gramox.(1.5lt/ha)+ Suelo no preparado	2.89	OE					Corozalito	
		5-Práctica del Agricultor	1.46							

OE= Optimo Económico

CUADRO 13. TABLA DE FRECUENCIA DE LAS VARIEDADES QUE OCUPARON PRIMEROS LUGARES

	78	79	79	79	80	80	82	83	83	84	84	85	85	86	86	T
	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	T
DEKALB B-666	X	X	X									X				4
HONDUREÑO P.B.	X	X	X	X	X	X						X				7
SINTETICO TUXP.		X	X		X	X		X		X	X	X				8
PICHIUNGUE 7429	X				X											2
ACROSS 7522	X	X														2
LA MAQUINA	X				X											2
GUAYMAS B-101	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X			11
ICTA-CENTA			X		X											2
LA MAQUINA 7422 X C-10-9					X	X										2
LA MAQUINA 7843							X	X	X							3
H-27									X			X	X	X		4
H-29											X			X		2

**CUADRO 14. RELATIVIDAD EN AREAS DE TRABAJO Y ETAPAS DE LA INVESTIGACION.**

Etapas de la Investigación	A		R		E		A		S	
	Mejoramiento		Fertilidad		Malezas		Total			
	# Trab.	%	# Trab.	%	# Trab.	%	# Trab.	%	# Trab.	%
Regional	19	37.25	13	76.50	5	41.67	37	46.25		
Comprobación	9	17.65	4	23.50	7	58.33	20	25.00		
Lotes Demostrativos	23	45.10	0	0	0	0	23	28.75		
<b>T O T A L</b>	<b>51</b>	<b>100.00</b>	<b>17</b>	<b>100.00</b>	<b>12</b>	<b>100.00</b>	<b>80</b>	<b>100.00</b>		

# VALIDACION DE TRES HIBRIDOS NACIONALES DE MAIZ EN LA REGION DE AZUERO, PANAMA

J. A. González<sup>1</sup>, Beyra Jaén<sup>2</sup>

## RESUMEN

La siembra de maíz mecanizado en el área de Azuero ha ido aumentando a través de los años. En 1990 se sembraron en forma mecanizada alrededor de 12,000 ha de maíz utilizándose en su mayoría híbridos importados, lo que eleva el costo de producción. Debido a esto, desde 1986 el IDIAP inició el Programa de Hibridación para buscar materiales que remplazarán los importados y que a la vez, asegurarán una alta producción.

El 1987 se inició la evaluación de los híbridos dobles y triples del programa nacional en las diferentes zonas maiceras del país buscando las mejores condiciones para su desarrollo; éstas se repitieron en 1988 y 1989. Finalmente, se seleccionó un grupo de híbridos nacionales de grano amarillo entre los que sobresalieron los siguientes: P-8812, P-8814 y P-8916.

Este documento presenta los resultados del comportamiento de los híbridos en las parcelas de validación en las diferentes áreas de la zona

de Azuero bajo condiciones de los productores.

## MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en la zona costera del Golfo de Parita, área maicera del país que comprende las provincias de Herrera y Los Santos. Está ubicada a los 10 msnm. La precipitación anual va desde los 800 a 1,500 mm, distribuida en los cinco meses; los suelos son rojos de fertilidad promedia buena.

Los materiales nacionales utilizados fueron los híbridos triples P-8812, P-8814 y P-8916, seleccionados a través de los ensayos de rendimiento, y se compararon con el híbrido importado X 304-C, que es el más sembrado en el área.

Las parcelas se sembraron durante la segunda coa en las localidades Los Castillos, Parita, Paris, Los Grulleros, El Ratón y El Pederal (provincia de Herrera) y en Loma Larga (La Honda), Guararé, La Enea, Las Guabas, La Candelaria, Sabanagrande y San José (provincia de Los

---

<sup>1</sup> Líder Adopción Técnico y Cap. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

<sup>2</sup> Ing. Agr., M.Sc., Desarrollo Rural. Investigadora. IDIAP

Santos).

El IDIAP, entregó a cada productor 30 lb de semilla de cada híbrido, para cubrir aproximadamente una hectárea. La siembra y el manejo del cultivo varió según la metodología utilizada por cada productor, provocando, en algunos casos, manejo deficiente de los materiales.

Debido a que no todos los productores disponían del área conveniente para sembrar los tres híbridos, algunos sembraron uno o dos, de acuerdo a sus posibilidades de espacio. Estos utilizaron diferentes tipos de sembradoras, incluso algunos sembraron en forma manual, practicando todas las otras técnicas de producción.

Para recoger la información se tomó al azar una muestra procedente de 1,000 m<sup>2</sup> de cada parcela sembrada. Los datos evaluados fueron altura de planta, altura y tamaño de la mazorca y población por hectárea.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2, se presentan los rendimientos de cada híbrido sembrado en las diferentes localidades por productor. Los rendimientos de los híbridos nacionales variaron del 1,605 hasta 5,100 kg/ha (P-8916), de 1927.27 hasta 5110.00 kg/ha (P-8812), 2141.36 hasta 4589.09 kg/ha (P-8814) y 909.09 hasta 4446.36 kg/ha (X-304 C).

Los promedios indican que el híbrido nacional P-8916 fue el de mayor rendimiento (3607.18 kg/ha) seguido por los híbridos nacionales P-8814 (3309.92), el P-8812 (3714.45) y el importado X-304 C (3127.97 kg/ha).

Los Cuadros 3 y 4 muestran la altura promedio de planta y de mazorca de los híbridos nacionales. En ambos casos los híbridos nacionales presentan mayor altura que el importado. El híbrido P-8916 tiene el mayor tamaño de mazorca (16.85 cm), seguido por el P-8814 (15.76 cm), luego por el X-304 C (15.38 cm) y por último el P-8812 (15.06 cm), Cuadro 5.

En el Cuadro 6, se presentan los promedios de población por hectárea de los cuatro híbridos en las diferentes localidades.

El análisis de varianza indica que no hubo diferencia significativa entre híbridos, entre localidades, ni en la interacción híbrido por localidad. Sin embargo, al comparar el comportamiento de los híbridos nacionales con el importado, aplicando la tecnología adecuada y sólo parte de ésta, hay diferencia significativa entre los materiales nacionales y el híbrido comercial, lo cual significa que los híbridos P-8812, P-8814 y P-8916 mantienen un comportamiento estable en diferentes condiciones de manejo (Figura 1).

Los resultados del análisis estadístico pueden ser consecuencia de la variación que hubo en el manejo de las parcelas, encontrándose así productores que utilizaron la tecnología adecuada; sin embargo, otros por razones financieras sólo aplicaron parte de la tecnología disponible. Esto aunado a que las parcelas estaban ubicadas en áreas con condiciones ambientales diferentes presentando alguna de ellas, situaciones favorables para el desarrollo de enfermedades en épocas críticas del crecimiento de las plantas.

Por otro lado, cabe destacar entre los aspectos más deficientes en el manejo de las parcelas, la fertilización y el control de malezas, ya que las aplicaciones de abono y herbicidas no se efectuaron en las dosis adecuadas ni en el momento oportuno influyendo en el rendimiento de los materiales evaluados.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los híbridos nacionales P-8812, P-8814 y P-8916 se comportaron mejor que el híbrido comercial X-304 C bajo condiciones de manejo similar.

En la evaluación de los híbridos nacionales, el híbrido P-8916 obtuvo un rendimiento promedio de 3,607.18 kg/ha, superando tanto a los otros híbridos nacionales como al comercial.

Se recomienda seguir con estos trabajos estratificando los productores.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el presente trabajo, es recomendable el establecimiento de parcelas de validación controlando la variable tecnología (manejo).

**CUADRO 1. CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS HIBRIDOS NACIONALES EVALUADOS.**

Características	Híbridos Nacionales		
	P-8812	P-8814	P-8916
Días de Floración	57	58	56
Altura de Planta (cm)	229	233	221
Altura de Mazorca (cm)	117	115	113
Acame de Tallo (%)	16	22	20
Cobertura de Mazorca	B	R	B
Pudrición de Mazorca	T	T	T
Tipo de Grano	D	D	C
Días a Cosecha	115	115	110

**B = Buena**  
**D = Dentado**  
**R = Regular**  
**C = Cristalino**  
**T = Tolerante**

**CUADRO 2. RENDIMIENTO PROMEDIO DE LOS HIBRIDOS NACIONALES POR LOCALIDAD.**

Localidad	Rendimiento kg/ha	Híbridos Evaluados			
		X-304 C*	P-8814*	P-8812*	P-8916*
<b><u>Sabanagrande</u></b>					
La Honda		446.36	3809.09	3645.45	5000.00
Alexis Cedeño		2736.36	3156.36	--	3271.36
Maximo Castellero		--	3067.72	2843.63	--
<b><u>Las Tablas</u></b>					
Abraham Espinoza		3130.45	2141.36	2494.54	--
Ramiro Jaén		3048.18	3377.27	2171.81	2639.54
Norberto Vargas		--	2832.72	--	--
Erconides Vergara		--	--	--	4451.81
Miguel Vergara		909.09	--	2304.09	2865.90
Emilio Vergara		4028.63	4382.27	3060.90	--
<b><u>Parita</u></b>					
Alfonso Batista		3861.81	--	--	4220.99
José Aguilar		--	2545.45	1927.27	1605.00
Juan Corro		2509.09	3722.72	3802.27	5100.90
Juan Navarro		2230.00	3132.27	3709.09	3218.18
Isidro López		3198.63	4589.09	5110.00	--
Miguel Villarreal		4309.09	2962.72	3850.00	3698.18
-----					
X		3127.97	3309.92	3174.45	3607.18

\* = Importado

\*\*= Nacional



**CUADRO 3. PARCELAS DE VALIDACION. ALTURA DE PLANTA (m) DE LOS HIBRIDOS NACIONALES P-8918 P-8812, P-8814 Y DEL HIBRIDO IMPORTADO X-304C.**

Altura de Planta (m)	Híbridos Evaluados			
	X-304*	P-8814**	P-8812**	P-8916**
1	2.20	2.71	2.58	2.49
2	2.38	2.20	2.22	--
3	2.35	2.32	--	2.55
4	2.40	2.30	2.46	2.46
5	2.47	--	--	2.32
6	--	2.16	2.20	2.43
7	2.28	2.34	2.38	2.32
8	--	2.50	2.38	--
9	2.23	2.11	2.11	2.16
10	2.29	2.25	2.03	--
11	2.28	2.44	2.44	2.45
12	--	2.51	--	--
13	--	--	--	2.38
14	1.90	--	2.61	2.46
15	2.34	2.68	2.69	--

\* Importado  
 \*\* Nacional

**CUADRO 4. PARCELA DE VALIDACION. ALTURA PROMEDIO DE MAZORCA (m) DE LOS HIBRIDOS NACIONALES E IMPORTADOS. 1990-1991.**

Altura de Mazorca (m)	Hibridos Evaluados			
	X-304-C*	P-8814**	P-8812**	P-8916**
1	1.20	1.48	1.49	1.42
2	1.11	1.06	1.09	--
3	1.25	1.29	--	1.33
4	1.20	1.18	1.25	1.25
5	1.27	--	--	1.20
6	--	1.26	1.30	1.25
7	1.28	1.24	1.28	1.22
8	--	1.33	1.35	--
9	1.23	1.04	1.16	1.13
10	1.20	1.13	1.23	1.33
11	1.13	1.28	1.33	1.33
12	--	1.38	--	--
13	--	--	--	1.28
14	0.90	--	1.38	1.36
15	1.24	1.31	1.46	--
	1.18	1.25	1.30	1.27

\* Importado

\*\* Nacional

**CUADRO 5. PARCELAS DE VALIDACION. TAMAÑO PROMEDIO DE MAZORCA (cm) DE LOS HIBRIDOS NACIONALES E IMPORTADOS. 1990-1991.**

Forma de Mazorca (cm)	Hibridos Evaluados			
	X-304C*	P-8814**	P-8812**	P-8916**
1	13.75	14.50	15.25	16.6
2	16.55	14.75	15.75	--
3	13.13	16.05	--	16.4
4	16.25	17.8	15.75	14.55
5	17.5	--	--	18.25
6	--	16.5	11.3	16.8
7	14.95	15.15	15.85	15.5
8	--	18.75	16.04	--
9	12.65	12.75	13.5	16.85
10	18.1	16.5	14.55	--
11	19.0	14.35	15.4	17.5
12	--	17.55	--	--
13	--	--	--	19.1
14	11.75	--	15.3	16.95
15	15.65	17.4	16.7	--
	15.38	15.96	15.06	16.85

\* Importado  
\*\* Nacional

**CUADRO 6. PARCELAS DE VALIDACION. POBLACION DE PLANTAS POR HECTAREAS EN LAS DIFERENTES PARCELAS POR HIBRIDOS. 1990-1991.**

Población de Plantas	Híbridos Evaluados			
	X-304-C*	P-8814**	P-8812**	P-8916**
1	56,200	58,593	56,093	57,500
2	48,375	42,656	37,812	--
3	43,800	43,658	--	46,800
4	47,300	47,000	45,000	47,500
5	51,250	--	--	45,000
6	--	34,236	33,158	33,065
7	48,300	49,200	50,500	53,300
8	--	43,437	45,156	--
9	60,400	58,437	66,400	50,400
10	46,325	46,093	46,562	--
11	56,350	46,250	57,500	52,500
12	--	51,250	--	--
13	--	--	--	46,065
14	30,255	--	45,926	41,800
15	50,236	48,840	47,175	--
X	48,981	47,471	48,298	47,393

\* Importado  
 \*\* Nacional

**FIGURA 1. RENDIMIENTO DE LOS HIBRIDOS EVALUADOS vs TECNOLOGIA APLICADA**

