

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

TESIS DE REFERENCIA

NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL-USAC.

EVALUACION DE VARIEDADES E HIBRIDOS PRECOCES
DE MAIZ (Zea mays L.) SELECCIONADOS BAJO
CONDICIONES LIMITADAS DE HUMEDAD

IRVING PAUL TILLMANS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

GUATEMALA, AGOSTO DE 1,979

R
01
T(396)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DE VARIEDADES E HIBRIDOS PRECOCES

DE MAIZ (Zea Mays L.) SELECCIONADOS BAJO

CONDICIONES LIMITADAS DE HUMEDAD

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

POR

IRVING PAUL TILLMANS

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA AGOSTO DE 1,979.

TESIS DE REFERENCIA
NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. SAUL OSORIO PAZ

**JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

DECANO	ING. AGR. ANTONIO SANDOVAL
VOCAL 1o.	ING. AGR. RODOLFO ESTRADA G.
VOCAL 3o.	ING. AGR. RUDY VILLATORO
VOCAL 4o.	BR. JUAN MIGUEL IRIAS
VOCAL 5o.	P. A. GIOVANNI REYES
SECRETARIO	ING. AGR. CARLOS SALCEDO Z.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO	ING. AGR. RODOLFO ESTRADA G.
EXAMINADOR	ING. AGR. ANTONIO SANDOVAL
EXAMINADOR	ING. AGR. VICTOR HUGO GONZALEZ
EXAMINADOR	ING. AGR. ANARCO GARCIA
SECRETARIO	ING. AGR. LEONEL CORONADO C.

SECTOR PUBLICO AGRICOLA
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS
5a. Av. 12-31, Zona 9 - Edificio "El Cortez", 2o. y 3er. Niveles
Teléfonos: 66985 - 310581 - 67935
Guatemala, C. A.

Señor
Decano de la Facultad de Agronomía
Dr. Antonio Sandoval
Su Despacho

Señor Decano:

Tengo a bien dirigirme a usted para hacer de su conocimiento, que atendiendo a la designación que ese Decanato me hiciera, he ofrecido asesoría al universitario Irving Paul Tillmans para la elaboración de su tesis de grado titulado: EVALUACION DE VARIEDADES E HIBRIDOS PRECOCES DE MAIZ (Zea mays L) SELECCIONADOS BAJO CONDICIONES LIMITADAS DE HUMEDAD.

Concluida la asesoría informo al señor Decano que considero el trabajo un verdadero aporte a la investigación agrícola de Guatemala, así como también una contribución maicera del oriente del país. Por tanto sugiero que este trabajo amerite una distinción de acuerdo a las normas establecidas en la Facultad de Agronomía.

Atentamente,


Hugo Salvador Córdova

Guatemala, Agosto de 1979

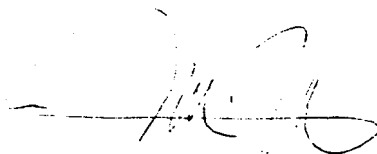
Señor Decano
Facultad de Agronomía
Dr. Antonio Sandoval S.
Su Despacho.

Señor Decano:

Adjunto a la presente, envío a usted la tesis titulada "EVALUACION DE VARIEDADES PRECOCES DE MAIZ (Zea mays L.) SELECCIONADOS BAJO CONDICIONES LIMITADAS DE HUMEDAD"; presentada por el universitario Irving Paúl Tillmans, la cual si reúne los requisitos que exige la Facultad de Agronomía.

De acuerdo a lo anterior, le solicito a usted, le sea aprobada como tesis de grado ya que constituye una importante aportación al conocimiento, en bien de la Agricultura Nacional.

Atentamente,



Ing. Agr. Armando Monterroso Tenas
Asesor

Guatemala, 31 de Agosto de 1979.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

En cumplimiento de las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado: EVALUACION DE VARIEDADES E HIBRIDOS PRECOCES DE MAIZ (Zea Mays L.) SELECCIONADOS BAJO - CONDICIONES LIMITADAS DE HUMEDAD, como requisito previo para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,


Irving Paúl Tillmans

DEDICO ESTE ACTO Y TESIS

A DIOS

A MIS PADRES

JUAN FRANCISCO PAUL DIAZ
VIRGINIA TILLMANS DE PAUL

A MIS HERMANOS

ZOILA AURORA
THELMA
BYRON
LARRY
MARILYN VIRGINIA

AGRADECIMIENTO

Quiero dejar constancia de mi agradecimiento a las siguientes entidades y personas que de una u otra manera me ayudaron durante mi formación profesional y/o Tesis:

Al Liceo Guatemala, por su educación moral y académica.

Al Ing. Agr. Gerson Efraín Bran, por su ayuda y consejos al inicio de mi carrera universitaria.

A la Facultad de Agronomía.

Al Ing. Agr. Francisco Anzueto, por su amistad.

Al Sector Público Agrícola, en especial:

-- Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA)

-- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)

Al Programa de Maíz del ICTA, en especial al Ing. Agr. Hugo Salvador Orellana, por su colaboración y acertada guía en el trabajo de Tesis.

Al Ing. Agr. Gregorio Jacobo Soto G. por su colaboración en los trabajos de campo.

Al los Ingenieros Agrónomos Manuel Cortéz Flores y Raúl Rodríguez Sosa, Coordinador del Grupo de Cereales y Técnico Investigador del Programa de Maíz, respectivamente, del CENTA, El Salvador, C.A., por la conducción de los ensayos de El Salvador.

Al Ing. Armando Monterroso por su asesoría en la presente Tesis.

CONTENIDO

	Página (s)
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	
2.1 Antecedentes de Jutiapa	3
2.2 Sequía y Precocidad	10
2.3 Análisis de estabilidad	12
2.4 Componentes del Rendimiento	18
3. MATERIALES Y METODOS	
3.1 Localización	25
3.2 Material Genético	25 - 27
3.3 Manejo del Experimento	27 - 28
3.4 Variables en Estudio	28
3.5 Análisis Estadístico	28 - 32
4. RESULTADOS	
4.1. Análisis de varianza (sencillo) para 6 ambientes. Guatemala - El Salvador	33
4.2. Análisis de varianza combinado para Jutiapa	33
4.3 Comparación múltiple de media (DUNCAN 5 o/o)	33
4.4 Correlación simple entre rendimiento VRS. Profundidad de Raíces. Jutiapa	37
4.5 Componentes del Rendimiento. Jutiapa	37
4.6. Análisis combinado de Estabilidad. Jutiapa - El Salvador	40
4.7 Características agronómicas. Jutiapa	45
7. RECOMENDACIONES	54
8. RESUMEN	55
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	56 - 57

LISTA DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Producción, Consumo Aparente y Déficit en maíz. Guatemala 1970 a 1978. Expresado en Miles de Toneladas Métricas	4
2. Resumen de Producción y Pérdidas de Granos Básicos en la región VI (Jutiapa, Jalapa, Santa Rosa)	6
3. Estadísticos Estimados en el ANVA Para Rendimiento de 18 Materiales de Maíz Evaluados en seis Ambientes, Guatemala y El Salvador. 1978.	34
4. Análisis de Varianza Para Rendimiento de 18 Materiales de Maíz Evaluados en Tres Fechas de Siembra. Jutiapa 1978.	35
5. Respuestas a Rendimiento y Profundidad de Raíz de Materiales Tolerantes a Sequía en Tres Fechas de Siembra. Jutiapa, 1978. TON/Ha.	36
6. Coeficientes de Correlación Entre Rendimiento y Profundidad de Raíces (P. R.) y días de Floración Femenina (D.F.). Jutiapa.	38
7. Componentes del Rendimiento. Información de Jutiapa.	39
8. Medias de Rendimiento e Indices Ambientales para 18 Híbridos y Variedades de Maíz Tolerantes a Sequía. Jutiapa.	41
9. Análisis de Varianza para Estabilidad de 18 Genotipos de Maíz Evaluados Bajo Seis Ambientes. Guatemala - El Salvador 1978.	42
10. Medias de Rendimiento y Parámetros de Estabilidad de 18 variedades Evaluadas en 6 Ambientes, Guatemala - El Salvador 1978.	43
11. Rendimiento y Características Agronómicas de Materiales Precoces de Maíz evaluados en tres fechas de Siembra. Jutiapa 1978.	46

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Distribución de LLuvia para el Municipio de Jutiapa.	8
2. Líneas de Regresión entre Rendimiento e Índices Ambientales de 2 Variedades y 2 Híbridos Evaluados en 6 ambientes (Guatemala - El Salvador 1978).	44

1. INTRODUCCION

A nivel nacional, la problemática de producción en el cultivo de maíz gira alrededor de lo siguiente: Deficiencias en cuanto a cantidad y calidad nutricional para el consumo humano. La disponibilidad de tierras de cultivo se está agotando en relación al aumento de la población. Además, las tierras no aptas para labores agrícolas se dedican a los granos básicos y las aptas para cultivos de agroexportación.

El rendimiento promedio por unidad de área a nivel nacional tan bajo, 1.15 Ton/Ha., se debe a un gran número de factores limitantes, entre ellos, el uso de variedades de bajo rendimiento con características agronómicas indeseables y en ciertos lugares, el medio ambiente.

En parte, lo anteriormente enumerado, puede solventarse mediante la investigación agrícola, obteniendo variedades e híbridos mejorados para incrementar la producción, aprovechando la varianza genotípica que permite inducir cambios favorables a la población.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), a través del Programa de Maíz, es el encargado de la investigación genética y agronómica del maíz para solventar problemas de esta índole en Guatemala.

La distribución errática de las lluvias en el Departamento de Jutiapa, incide en la pérdida de producciones agrícolas y/o pecuarias. Esta inestabilidad agropecuaria se refleja en la economía de los productores, provocando también problemas sociales, culturales, ambientales y otros más.

La variación en la intensidad, distribución y duración de cantidad limitada de humedad ha hecho necesario la definición de mecanismos de resistencia a sequía para las plantas. En su definición más simple una planta menos afectada por sequía drástica debe ser considerada como "resistente a sequía" debido, ya sea a características de tolerancia genética, mecanismo fisiológico o morfológico que evitan la sequía o escapa. (Fisher 1977).

Para los lugares en los cuales la estación de crecimiento de un cultivo está determinado por condición errática de precipitación, la mejor alternativa sería una variedad de maíz genéticamente tolerante a la sequía o aquella que por algún proceso fisiológico o morfológico diferente resistiera a condiciones de sequía extrema.

El Sur-Oriente de Guatemala y Oriente de El Salvador poseen las mismas condiciones climáticas en cuanto a escasa y errática distribución de las lluvias lo cual limita la producción de maíz de las áreas temporaleras, por esta razón los programas de maíz de los dos países iniciaron en 1977 trabajos cooperativos tendientes a desarrollar variedades de maíz que respondan en forma consistente a diferentes condiciones ambientales de humedad.

Objetivo:

Determinar si dentro de los materiales en estudio hay características genéticas que manifiesten resistencia a sequía y precocidad.

Hipótesis:

En los genotipos evaluados hay ciertas características genéticas y morfológicas, con las cuales se puede tolerar y/o resistir sequía, de donde, el rendimiento obtenido en

una fecha sometida a sequía, indicará las buenas cualidades de estos materiales para una zona agrícola donde hay errática distribución de lluvias.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de Jutiapa

En pláticas sostenidas con agricultores de la zona afectada por la mala distribución de lluvias, hacen ver que en los dos últimos dos últimos años (1976 y 1977), se ha acentuado más el problemas de la escasez de lluvias, al extremo que se duda sobre la rentabilidad de la agricultura, e incluso, prefieren dedicarse a fabricar adobes, ladrillos, tejas, emigrar a diversas zonas, trabajar por temporadas en ciertas regiones y otras actividades. Esta situación y otros factores agravan más el problema, ya que la población sigue aumentando y las producciones de granos básicos no satisfacen las demandas de consumo interno. Ver Cuadro 1. Resumen sobre Producción, Consumo Aparente y Déficit en Maíz. Guatemala 1970 - 1977.

Por lo tanto, las pérdidas de granos básicos debido a factores ambientales, provoca escasez en los mercados nacionales, con el consecuente detrimento de beneficios económicos al productor, y, al consumidor le provoca problemas de abasto y económicos por el alza de precios de los granos.

Parte del problema radica en las variedades de maíz que utiliza el agricultor, las cuales se ven generalmente afectadas por la sequía en su período de floración.

CUADRO 1**PRODUCCION, CONSUMO APARENTE Y DEFICIT EN MAIZ. GUATEMALA
1970 a 1977 EXPRESADO EN MILES DE TONELADAS METRICAS**

AÑOS	1/ PRODUCCION	CONSUMO 2/ APARENTE	DEFICIT
1970/71	785.8	801.6	-- 15.8
1971/72	747.3	762.2	-14.9
1972/73	569.3	580.6	-11.3
1973/74	848.8	800.4	+48.4
1974/75	654.0		
1975/76	983.3	1,064.3	-81.0
1976/77	1,005.7	1,044.3 (E)	-38.6

(E) Estimado

Fuente: 1/ de 1970/71 a 1972/73 proporcionadas por la Dirección General de Estadística y Censos de Guatemala. De 1973/74 a 1976/77 por los Organismos Estabilizadores de Precios.

2/ de 1970/71 a 1972/73 cálculos de SIECA en base a las Cifras de Producción y Comercio Exterior. De 1973/74, 1975/77, por los Organismos Estabilizadores de Precios.

Para el año de 1977, en la Región VI (Jutiapa, Jalapa, Santa Rosa) hubo grandes pérdidas en las producciones de granos básicos. En el Cuadro 2 se presenta un resumen de producción y pérdidas de granos básicos de la región mencionada. Estos altos porcentajes de pérdidas en las cosechas son producto de la fuerte sequía que afectó a esta zona en ese año.

Las causas y/o situaciones que influyen o acentúan este problema en Jutiapa son:

1. Según la zonificación ecológica de Guatemala (9), por sus formaciones vegetales esta región corresponde a la Faja de Bosque Sub-tropical Seco. "La vegetación natural consiste en gramas y matorrales, muchos de los cuales son plantas espinosas de apariencia acacia, con algunos cactus, jícaros y malezas o bosque bajo lleno de malezas con muchas especies xerofíticas".
2. Alteración del ecosistema por influencia del hombre.
 - 2.1. Deforestación
 - 2.2. Mal manejo y conservación del suelo y agua
3. En los cultivos, uso de variedades que no resisten o toleran la sequía.
4. Agronómicamente, baja calidad de los suelos. Esto influye en la capacidad de retención de humedad y fertilizantes, susceptibilidad a erosión y otras.

CUADRO 2

RESUMEN DE PRODUCCION Y PERDIDAS DE GRANOS BASICOS
EN LA REGION VI
(JUTIAPA, JALAPA, SANTA ROSA)

CULTIVO	Mz.	REND/Mzs $\bar{X}$ (qq)	PRODUC. TOTAL (qq)	o/o PERDIDA	TOTAL PERDIDA (qq)	PRODUCCION A OBTENER (qq)
Maíz	123,042	15.26	1,877,912	23.00	431,919.76	1,445,992.24
Frijol	39,491	6.36	251,255	60.00	150,753.00	100,502.00
Arroz	7,204	25.14	181,112	22.00	39,844.64	141,167.88
Sorgo	71,426	23.37	1,669,640	9.00	150,267.60	1,519,372.40
Trigo	486	30.00	14,582	25.00	3,645.50	10,936.50

Fuente: Comité de Desarrollo Sector Público Agrícola

1977. Región VI

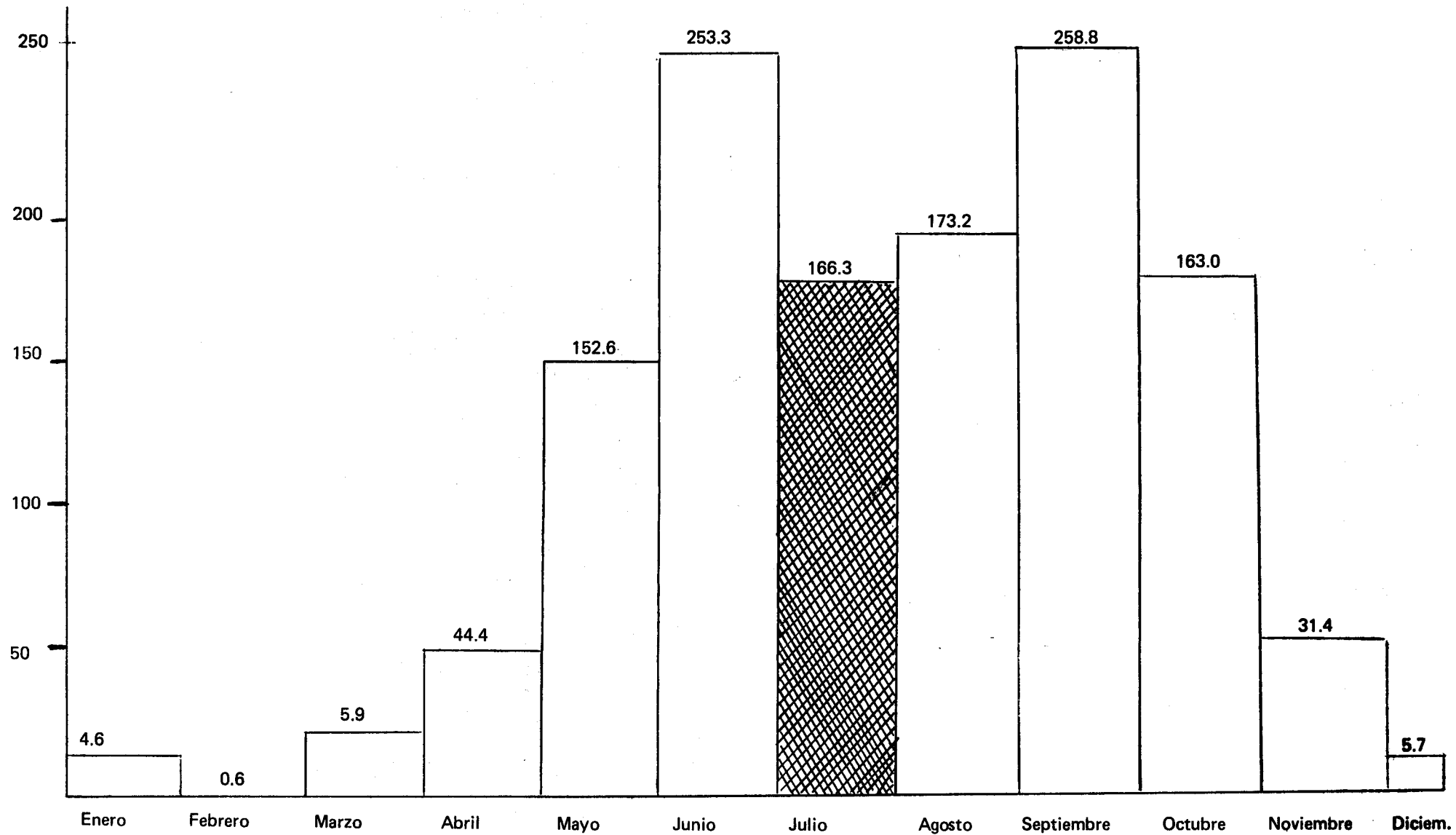
Soto (25) analiza la precipitación pluvial para los cultivos de maíz y frijol, en siembras de primera en Quezada, Jutiapa, se determinan los siguientes problemas por la mala distribución de lluvias.

- a. En el cultivo maíz, todo el mes de julio es crítico, pero la falta de agua se acentúa en las primeras tres semanas.**
- b. En frijol, no se tiene la cantidad de agua que necesita la planta en las primeras tres semanas de Julio.**

Lo anterior quiere decir: Que no se satisfacen los requerimientos de agua de estos cultivos en el período vegetativo que determine una alta o baja producción, como lo es la floración.

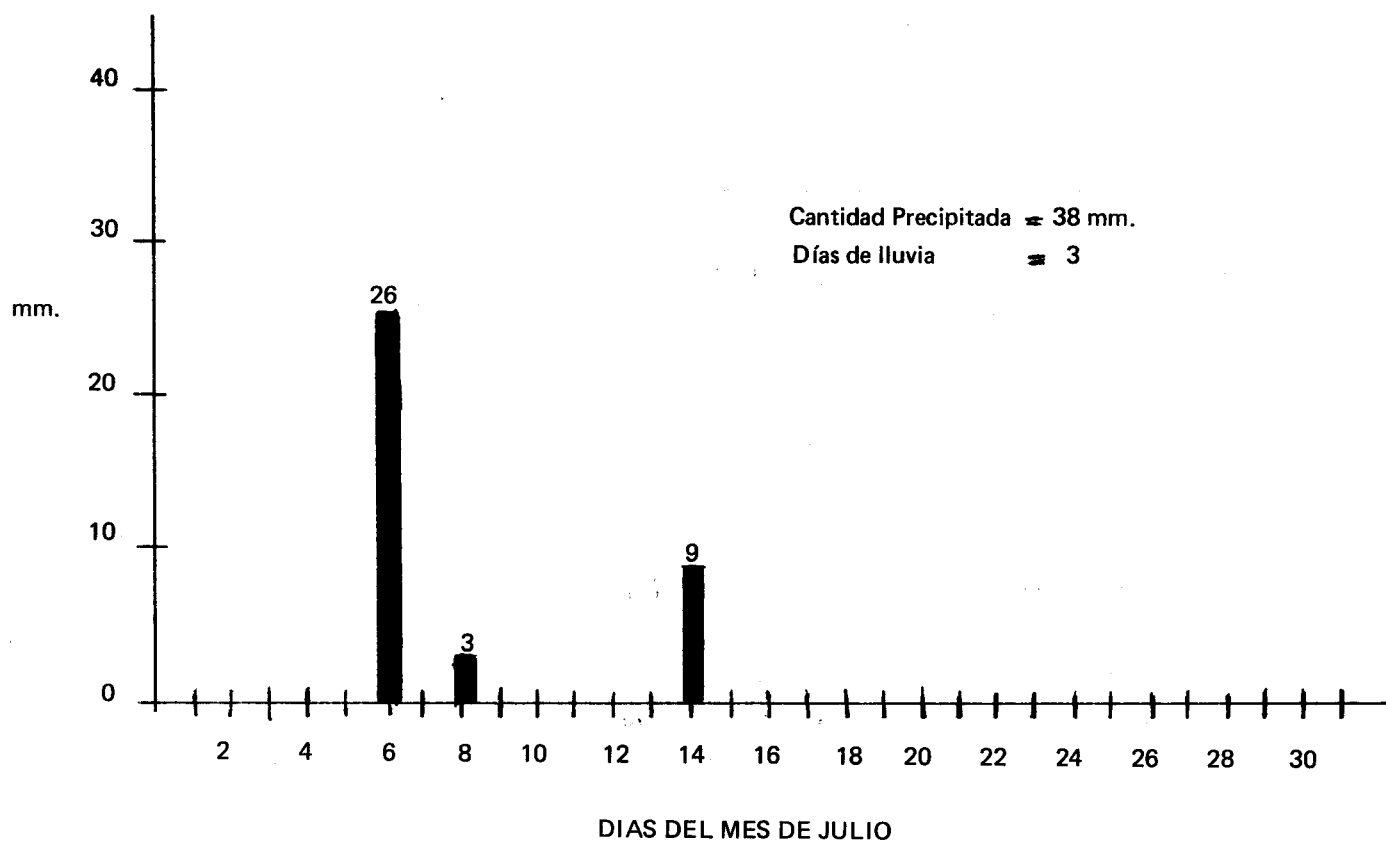
Siendo el mes de Julio, el crítico para el período de floración en las plantaciones de maíz, es necesario buscar materiales resistentes y/o tolerantes a sequía. (Ver Figura 1, Julio, Mes Crítico). Ante esta problemática se vió la necesidad de desarrollar variedad de maíz que respondan en forma consistente a condiciones de humedad limitada; en 1977, en el Centro de Producción de Oriente de ICTA, Jutiapa la variedad V3 y el híbrido (Precoz 48 x Ligero Oaxaqueño) manifestaron resistencia a sequía. Ante este resultado se les evaluó nuevamente en el presente trabajo.

Figura 1. Julio, Mes crítico. Distribución de lluvia para el Municipio de Jutiapa.



Expresado en mm.

Fuente: Boletines Meteorológicos Insivumeh.



mm. = Milímetros

FIGURA 1 - A

EJEMPLO DE LA PRECIPITACION DURANTE EL MES DE JULIO (MES CRITICO) EN 1977

FUENTE: CENTRO DE PRODUCCION DE ORIENTE (ICTA).

2.2. Sequía y precocidad

Algunos investigadores como Johnson y otros, 1966; Daynard y otros 1969; Hume y Cambell, 1972 han demostrado que los tallos de maíz a menudo pierden materia seca a medida que el grano madura, particularmente cuando el ambiente resulta desfavorable (sequía extrema) durante el período de secado de grano.

Inuyama y Musick (1976) al evaluar las respuestas a rendimiento de sorgo con diferentes niveles de sequía durante el desarrollo del cultivo encontraron que el rendimiento se disminuye en 50 o/o bajo condiciones de sequía severa. A la época de diferenciación y elongación de la panícula, la disminución de rendimiento estuvo asociado con reducción del tamaño de panoja. El estado de desarrollo menos sensitivo fue durante el llenado de grano (después de la floración hasta la madurez fisiológica).

D'Toole (1976) evaluó la variación genotípica en cuanto a tolerancia a sequía existente en materiales genéticos de arroz, para tener un mejor entendimiento a la adaptación fisiológica se tomaron lecturas visuales de la presión potencial de xilema (x). Treinta y nueve días después de eliminado el riego la evaluación visual fue efectiva para discriminar los genotipos más tolerantes. Se detectaron diferencias entre variedades en la capacidad de mantener un alto (x) a través del día y especialmente a las horas de la tarde. Aunque los mecanismos involucrados en la resistencia a la sequía pueden ser variados, parece ser que el mantenimiento de un alto potencial de humedad en el follaje, es lo que "evita" el efecto de la sequía.

Córdova y Poey (1976) evaluaron 250 familias de la población ICTA B - 1 C4 (versión de Tuxpeño -1) bajo condiciones de sequía drástica en el suroriente de Guatemala. La media de población fue 1,872 Kg/Ha., y la media de las 10 familias seleccionadas por su tolerancia a sequía fue de 3,190 Kg/Ha. El número de mazorcas por planta de esta selección fue de .92 mientras que la media de la población fue de .60. Por otra parte los mismos autores evaluaron 30 familias obtenidas de una población (lote 3 p.R. 75) en la cual se está reduciendo el período vegetativo.

Mc Pherson y Bayer (1977), estudiaron la regulación de rendimiento de grano en maíz por la fotosíntesis bajo condiciones diferentes de deficiencia de humedad concluyendo que la translocación de nutrientes se inhibe menos que la fotosíntesis durante períodos prolongados de sequía, y que la acumulación fotosintética total durante la estación de crecimiento, controla el rendimiento de tal manera que el proceso de floración no se interrumpe.

La habilidad para que la translocación continúe (en tanto que la fotosíntesis es mínima) dependerá de la reserva de fotosintatos acumulados previo al período del llenado de grano.

Fisher (1977) evaluó 85 familias en el onceavo ciclo de selección para rendimiento y altura de planta de la población Tuxpeño-1, bajo tres niveles de manejo de agua. Riego ilimitado, intermedio, sequía severa en tres repeticiones. La media de rendimiento de las familias seleccionadas fue 6.1, 4.4 y 1.5 Ton/Ha., para los tres niveles de humedad, respectivamente. El análisis estadístico sugiere que existió varianza genética para rendimiento de grano en los tres niveles de humedad y que el comportamiento relativo de algunas familias difiere entre niveles de humedad. Existen genotipos superiores para condiciones de sequía drástica, no todas las selecciones hechas bajo condiciones ilimitadas de humedad se comportaron mejor que la media de la población bajo sequía, esto sugiere que se pueden identificar genotipos superiores bajo condiciones de sequía drástica. Bajo estas mismas condiciones de sequía severa, las familias de esta población fueron las únicas que tuvieron rendimientos aceptables y fueron calificados con 1 en una escala de 1-10 para resistencia a sequía.

Ozaeta y Córdova (1978), evaluaron una serie de variedades e híbridos seleccionados bajo diferentes criterios de selección para tolerancia a sequía, encontrando híbridos y variedades que respondieron a condiciones de humedad óptima, media y sequía drástica.

Según Fisher (7), la resistencia o tolerancia a la sequía parte de las siguientes posibilidades:

1. Escape a la sequía por precocidad de la variedad o híbrido cultivado.
2. Mecanismo fisiológico o morfológico de la planta.
3. Caracteres génicos que dan a la planta resistencia a sequía.

2.3 Análisis de Estabilidad.

La amplia variación ambiental y cultural que existe en muchos países de América Latina, hacen necesario la obtención de variedades de maíz, dentro de una región ecológica y socialmente definida, a la mayor parte de las situaciones que se presentan en estos continentes. (Marquéz y Córdova, 1977).

Cuando varios genotipos se evalúan en diferentes localidades por varios años, las estimas de los componentes de varianza proveen la información de la importancia relativa de la interacción genotipo x localidad, genotipo x año y genotipo x localidad x año. La prueba de comportamiento de variedades cuando se analizan de la manera convencional ofrecen la información sobre la interacción genotipo-ambiente, pero no dan una idea de la estabilidad de las variedades evaluadas. (Córdova y otros, 1977).

De ahí, que el análisis de estabilidad utilizado, es un buen instrumento en la identificación de germoplasma de gran potencial para los programas de mejoramiento. (3) En base a la interpretación de los parámetros de estabilidad, según Carballo y Marquéz (2), se clasifica a una variedad como "estable" cuando su coeficiente de regresión (B) es igual a 1 y su desviación de regresión igual a 0; además por tener una alta media de rendimiento en relación con el resto de variedades.

Lerner (1954) citado por Córdova (3) llama "homeostasis genética" a la capacidad de una población para mantener su frecuencia génica en una situación óptima de valor adaptativo, y asocia la uniformidad genotípica a través de los ambientes con una mayor heterocigocidad.

Sprague y Jamkins (1943) y Allard (1961) citados por Córdova (3) coinciden en que la mayor diversidad genética (cruzas simples en maíz por ejemplo) dota a las plantaciones de mayor estabilidad que las hace idóneas para utilizarse también en ambientes desfavorables. Shank y Adams (1960) citados por Mejía (16), encontraron en híbridos con el mismo grado de heterocigocidad, diferencias en su estabilidad descartando a la heterocigocidad como causa única para explicar la homeostasis.

Smith et al (1967) también citado por Córdova (1978) usando los parámetros de estabilidad de Eberthert y Russell (1966), encontraron coeficientes de regresión mayores que 1 en genotipos de Soya de alto rendimiento y viceversa. Allard y Bradshaw (1) describen dos formas a través de las cuáles una variedad puede exhibir estabilidad: Amortiguamiento poblacional; la variedad puede estar constituida de varios genotipos cada uno adaptado a un rango de ambientes un tanto diferente y 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 genéticas homogéneas homocigóticas o heterocigóticas (líneas puras y cruza simples, respectivamente), dependerán obviamente del amortiguamiento individual para tener una producción estable, mientras que tanto el amortiguamiento individual como el poblacional podrán estar presentes en poblaciones heterogéneas.

Agregan, Allard y Bradshaw (1967) que en las especies de polinización libre hay bastante evidencias de que el amortiguamiento individual es conspicuamente una propiedad de los heterocigotes. Citan al respecto algunos trabajos como el de Shank y Adams (1960) quienes comparan líneas endogámicas e híbridos, encontrando que los coeficientes de variación fueron mayores que las líneas pero también más diversos entre ellas; de manera que pueden atribuirse a las diferencias genotípicas entre ellos, mientras que al comparar las líneas como grupo con respecto a los híbridos como grupo, se tiene que el amortiguamiento diferente de ambos grupos se debe a la heterocigocidad.

En relación al amortiguamiento poblacional, se refieren a aquel que 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 (24) quien encontró que las poblaciones mezcladas son casi siempre más estables en rendimiento que sus componentes individuales, y el trabajo de Jones (1958) que compara cruza simples y cruza dobles, encontrando que los coeficientes de variación fueron menores que las cruza dobles (12.31) que para las cruza simples (21.41).

Russell y Eberhart (1968) citados en 1978 por Córdova, al comparar líneas endogámicas de maíz prolíficas con sus cruza simples encontraron que los genotipos no prolíficos fueron los que midieron menos en ambientes pobres y los que más alto rendimiento tuvieron en ambientes favorables, sucediendo lo contrario con los genotipos prolíficos.

Eberthart y Russell citados por Córdova (3) postulan que aunque la estabilidad de una cruz doble proviene de la mezcla de genotipos también parece ser 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 dichas cruzas simples tan estables como cualquier cruz doble, sugiriendo que, puesto que las cruzas simples difieren en su habilidad de respuestas a condiciones ambientales más favorables, la suma de cuadrados de desviaciones de regresión parecería ser el parámetro más importante, y que es probable que estén involucrados en esa estabilidad todos los tipos de acción génica.

Martínez et al (1970) citados por Salguero (23) estudiaron la estabilidad de dos variedades de maíz y sus progenies F1, F2 y F4. La mayor adaptabilidad fué demostrada por F1 y la menor por F4, sugiriendo los autores el uso de poblaciones heterocigóticas y heterogéneas para reducir el valor de la interacción genotipo-ambiente.

Carballo y Marquéz (1970) citados por Córdova (1978) en su trabajo sobre estimación de parámetros de estabilidad en variedades de maíz hacen notar que en el grupo de variedades de alto rendimiento los coeficientes B no difieren mucho de 1 o son superiores a ésta; en tanto que en grupo de bajo rendimiento los coeficientes B no difieren de 1 o son inferiores a este valor. Con respecto al parámetro S^2_d , en el grupo bajo, 9 de 16 estimaciones (56o/o) son estadísticamente significativas, mientras que en el grupo alto sólo lo son 5 de 16 (31o/o). Con esta premisa estimaron los coeficientes de correlación posibles entre las medias de rendimiento y los parámetros B y S^2_d . En las diferentes agrupaciones de las variedades solo dos coeficientes resultaron significativos (y negativos), entre B y S^2_d para las variedades sembradas bajo temporal. Sin embargo, la tendencia general fue la asociación de altos rendimientos con altos valores de B1 y la asociación negativa del rendimiento y de B con S^2_d .

Reich y Atkins (1970) citados por Córdova (3), estudiaron en Sorgo el comportamiento de líneas y de híbridos, y de mezclas de pares de líneas y de híbridos en 9 ambientes durante dos años. Sus resultados indicaron mayor "estabilidad" según la definición de Eberthart y Russell (1966), en las mezclas de híbridos ($B = 0.96$), las que también tuvieron las mayores medias y ocuparon el segundo lugar en cuanto a más bajas desviaciones de regresión. En las otras poblaciones, para rendimiento, siguieron a las mezclas de híbridos, los híbridos, las mezclas de líneas y las líneas; para el coeficiente B sólo el de las mezclas de líneas, difirió de 1 significativamente ($B = 1.09$); y para las desviaciones de regresión fueron más bajas también en las mezclas de líneas, luego en las líneas y por último en los híbridos. Su conclusión principal fue que las mezclas de líneas fueron las poblaciones más "estables" de las estudiadas.

Mejía (16) evaluó 5 mestizos del tipo línea x H - 28 y el híbrido H - 28 en 10 ambientes, resultantes de combinar varias localidades durante 3 años. En sus resultados se ve que la asociación sugerida por Carballo y Marquéz (1978) entre medias y coeficiente B, también está presente, si bien no se estimó la correlación estadística.

Jowett (1972) citado por Córdova (1978) estimó en Sorgo de grano los parámetros de estabilidad en líneas, cruza simple y cruza de 3 líneas. Encontró menor estabilidad en las líneas y no encontró diferencias entre los dos tipos de cruza. Como este autor usó el término "Estabilidad" según Eberthart y Russell (1966), en realidad tuvo mayor estabilidad en las líneas ($B = 0.81$) y menor en los 2 tipos de híbridos ($B = 1.09$ para las cruza de 3 líneas y $B = 1.11$ para las cruza simple). Bush et al evaluaron a 8 variedades de trigo y a sus cruza posibles en 6 ambientes como cruza masiva F_2 ; y en 5 ambientes como cruza masiva F_3 . Las cruza masiva exhibieron esencialmente el mismo rango de respuesta a los ambientes que las variedades y no tuvieron significativamente más bajas desviaciones de regresión que las variedades. Por otra parte, existió correlación positiva y altamente significativa ($r = 0.73$) entre las medias de rendimiento de las cruza masiva y los coeficientes B, más no entre aquellos y S^2_d ($r = 0.25$). Con respecto a los efectos de aptitud combinatoria general (ACG), los coeficientes B de éstos no estuvieron asociados con los de las líneas paternas como tales ($r = 0.49$) pero sí lo estuvieron con sus respectivas desviaciones de regresión ($r = 0.72$)*.

Beihaki et al (1976) citados por Córdova (3) evaluaron 44 líneas y 4 cultivos de soya durante 3 años en dos localidades. De la interacción genotipo x ambiente local aproximadamente el 50 o/o, al 25 o/o fueron contribuidas por los grupos de bajo, medio y alto rendimiento, respectivamente. En relación al coeficiente de regresión B, el valor promedio de los grupos de rendimiento alto y medio no difirieron entre sí, pero ambos fueron superiores al respectivo valor del grupo bajo. El promedio de B del grupo alto fué significativamente superior a 1, mientras que para el grupo bajo fue significativamente menor que 1. Los promedios de las desviaciones de regresión (S^2_d) no difirieron significativamente entre sí. Por otra parte, la regresión significativa de B sobre las medias de las líneas indicó "que el tamaño de los parámetros de regresión está relacionado linealmente con las medias de las líneas".

Concluyen que en general, el grupo de rendimiento medio fue el más "estable" y el rendimiento bajo el menos "estable" es el original de Eberthart y Russell (1966); de acuerdo con las aclaraciones que hemos hecho sobre este concepto, en realidad el grupo medio resultó sensible y el grupo bajo subsensible o el más estable.

Merck, 1979 (17) indica que los híbridos y variedades que responden mejor en ambientes favorables no se comportan así en ambientes desfavorables, por lo que concluye que:

- Materiales como HB-17, HA-22, B-3 e ICTA A-2 responden mejor en ambientes desfavorables dando una respuesta consistente, la razón es que llevan genes tolerantes a sequía.

Los híbridos siguientes T-101, HB-19, HA-24, HA-28, HB-13, responden mejor en ambientes favorables, dando una respuesta consistente y estos obtuvieron los más altos rendimientos, esto se debe a que fueron creados bajo condiciones de ambientes favorables por lo que su respuesta es buena en estos ambientes.

Este autor indica que los criollos del Suroriente de Guatemala (humedad limitada), responden mejor en ambientes desfavorables, aunque su respuesta es inconsistente y su rendimiento promedio fué el más bajo. Agrega en su análisis de estabilidad que la variedad ICTA B-3 puede sustituir a ICTA B-1 y a criollos en el oriente del país, ya que responde a las condiciones de ambientes secos para los que fue creada.

Dardón y Córdova (1978), estimaron parámetros de estabilidad en el comportamiento de variedades de maíz (*Zea Mays L.*) en la zona baja en Guatemala, para variedades experimentales se obtuvieron los siguientes resultados: TCB11 superó a los criollos con 54 o/o de rendimiento, fue 30 centímetros más bajo y tuvo 14 o/o menos de acame, sus parámetros de estabilidad la clasifica como una variedad que posee buena respuesta a todos los ambientes.

TCA-24 fue el mejor híbrido amarillo, superó a los criollos en 1.4 ToH/Ha., y al X-304 en 280 Kg/Ha., habiendo sido clasificado como una variedad estable. En las variedades comerciales, el T-101 superó a las variedades criollas con rendimientos de 1.4 Ton/Ha. y su comportamiento fue sobresaliente en la mayoría de las localidades donde fue evaluado, responde relativamente mejor a ambientes favorables ($bi > 1$).

La Máquina 7422, al ser una variedad estable ofrece a los agricultores menor riesgo en su producción aunque su rendimiento fue similar al H-5, las características agronómicas fueron superiores y rindió 700 Kg. más que los criollos.

Componentes del Rendimiento son los que en su conjunto determinan el rendimiento resultante de los efectos genéticos y/o ambientales que interaccionan para producir resultados parciales medibles en el producto de la planta. (Poey, 1978).

Respecto a los componentes del rendimiento, los investigadores los han considerado desde varios puntos de vista: (21).

1. Su relación al mecanismo hereditario.
2. Heterosis en los híbridos.
3. Influencia sobre los rendimientos.

Los componentes del rendimiento incluyen:

No. de plantas/m²

No. promedio de mazorcas/planta.

No. promedio de granos/mazorca.

Peso promedio de grano, y otros componentes.

Ahora, los procesos metabólicos y factores ambientales anteriores a la cosecha influyen en forma directa o indirecta en los componentes del rendimiento, por lo que no es posible desligar esta interacción de su interpretación. (22).

Grafius citado por Pineda (1976) sugiere que para una población uniforme de maíz, los componentes del rendimiento son:

No. de mazorcas (T), hileras por mazorca (S), granos por hilera (R) y peso de grano (U), por lo que el rendimiento será $W = TSRU$.

Moll y colaboradores, citados por Pineda (21), no están de acuerdo con lo anterior. Estos autores dicen que los efectos primarios de los genes son indudablemente de naturaleza bioquímica y que los caracteres como número de mazorcas, granos por mazorca y peso de grano son en sí, efectos secundarios de los genes del rendimiento. Indican además que los componentes del rendimiento pueden ser medidos con mayor precisión que el rendimiento mismo, y que si estos están correlacionados con el rendimiento, podrían ser de mucha utilidad en el fitomejoramiento de éste.

Hughes y Robinson, a quienes cita Pineda (21), estudiaron algunas características de mazorcas y de grano en relación al rendimiento en la variedad de maíz Reid Yellow Dent. Encontraron que el rendimiento estuvo correlacionado con el peso de la mazorca, longitud de la mazorca, número de hileras y con los caracteres del grano: densidad, cantidad de almidón, grado de dentación, volumen, peso, espesor y profundidad.

Pineda (1976) también cita a Schober, él indica que los granos más pesados y de mayor longitud tienden a dar los mejores rendimientos. En 1976, Pineda cita a Vetter, quien encontró que la heterosis en las combinaciones híbridas se expresó en los siguientes caracteres morfológicos: desarrollo inicial y altura de planta y mazorca; mientras que ésta fue baja para los siguientes componentes: rendimiento total de materia verde y rendimiento del grano al 14 o/o de humedad.

Gómez (8), efectuó un análisis multivariado en varios ensayos de "mestizos", cruces simples y dobles incluyendo varios componentes del rendimiento. Los resultados muestran que el número de mazorcas, el número de plantas por unidad de área y el peso del grano fueron los componentes principales.

Leng (14), estudió en maíz los efectos del vigor híbrido en los principales componentes del rendimiento. Este investigador usó los siguientes componentes: a) número de mazorcas por planta, b) peso de granos por mazorca, c) peso del grano individual, d) número de granos por hilera, e) número de hileras por mazorca, y f) número de granos por mazorca. Concluye que los híbridos, incluyendo uno o más progenitores que tenían un número medio de más de 18 hileras, no mostraron heterosis en este carácter, mientras que la mayoría con progenitores de 16 hileras o menos, exhibieron un grado significativo de heterosis. Con base a estas conclusiones, este autor postula la existencia de más de un sistema genético que controla el número de granos por hilera y el de hileras por mazorca.

El siguiente resumen indica los coeficientes de correlación entre los componentes del rendimiento, así como el grado de asociación entre los mismos; esto es referido a los siguientes investigadores:

<u>Reitz citado por Pineda (21)</u>		<u>Coeficiente correlación</u>
Longitud de mazorca	VRS.	circunferencia: 0.43 (Promedio)
Longitud mazorca	VRS.	No. de hileras: Insignificante
No. de hileras	VRS.	circunferencia: 0.55 (Promedio)
Longitud mazorca	VRS.	peso mazorca: 0.81 (Promedio)
Peso de mazorca	VRS.	No. de hileras: 0.26 (Promedio)
Peso de mazorca	VRS.	circunferencia: 0.74 (Promedio)

<u>Sandoval también citado por Pineda (1976)</u>			<u>Coeficiente correlación</u>
Granos/hilera	VRS.	Longitud mazorca	0.76
Diámetro mazorca	VRS.	Longitud grano	0.65
Longitud mazorca	VRS.	No. hileras/mazorca	0.065
Granos/hilera	VRS.	No. de hileras	0.076
Peso de grano	VRS.	No. de hileras	-0.152

Sandoval también concluye que los componentes más asociados con el rendimiento fueron los siguientes:

			<u>Coeficiente correlación</u>
		No. mazorcas/mata	0.474
Rendimiento	VRS.	Longitud mazorca	0.371
		Diámetro mazorca	0.361

Los menos asociados con el rendimiento fueron:

		<u>Coeficiente correlación</u>
Rendimiento	VRS.	
	No. de hileras	0.113
	Peso de grano	0.243

Grados de asociación intermedia estuvieron así:

		<u>Coeficiente correlación</u>
Rendimiento	VRS.	
	Granos/hilera	0.353
	Longitud de grano	0.299

Todos los coeficientes encontrados fueron significativos, debido al elevado número de muestras estudiadas. Leiva Ruano (13), investigó los cambios ocurridos en las características agronómicas y componentes del rendimiento y su efecto sobre el rendimiento mismo, en los diferentes ciclos de selección efectuados en las poblaciones de maíz ICTA B-1, Eto Blanco y Sintético Amarillo en las localidades de la Máquina y Cuyuta (Guatemala). Concluye lo siguiente: Respecto a los componentes del rendimiento para las dos localidades, no hubo diferencia entre ciclos de selección para número de granos por hilera en la población ICTA B-1, pero si fueron superiores a los 3 híbridos comerciales. En cuanto a número de hileras y mazorcas por planta, no hubo diferencia entre los materiales evaluados.

En lo que respecta a número de granos por planta y por mazorca, no se observó diferencia en los cinco ciclos de ICTA B-1, pero si hubo ganancia con respecto a los 3 híbridos usados como testigos. En peso de 1000 granos y porciento de desgrane se nota que los híbridos dobles tuvieron un mejor peso y mayor porciento de desgrane que los ciclos de ICTA B-1.

Los componentes del rendimiento que más se asociaron con el rendimiento mismo y en forma positiva, en orden de importancia fueron:

No. de granos/planta
 No. de mazorcas/planta
 No. de granos/hilera
 No. de granos/mazorca
 Peso del grano
 Porcentaje de desgrane

No se encontró asociación entre número de hileras por mazorca y rendimiento. Pineda (21), indica que para condiciones de Jutiapa pueden tomarse como referencia los siguientes datos:

40,000 plantas/Ha.
 0.95 mazorca/planta
 38,000 mazorcas/Ha.
 0.3 gramos/grano
 600 granos/mazorca

Rendimiento 6,840 Kg/Ha. (105.3 qq/Mz).

Poey (22), respecto a los componentes del rendimiento indica lo siguiente: En función de sus componentes, el rendimiento puede expresarse matemáticamente como el producto promedio de los componentes de una planta y el número de plantas por unidad de superficie.

Para cereales, esta función puede expresarse en su forma más simple como:

$$\begin{aligned}
 R &= Gm^2 \times Pg \times 10 & (1) \\
 R &= \text{Kg/Ha. Rendimiento} \\
 Gm^2 &= \text{No. promedio de grano por metro cuadrado}
 \end{aligned}$$

Pg = Peso promedio de grano en gr
10 = Constante obtenida de multiplicar por 10,000 para ajustar Gm^2 a 1 Ha. y dividir entre 1,000 para ajustar g a Kg. en Pg.

Esta fórmula simplificada es útil para estudios agronómicos o genéticos de índole exploratoria. Para estudios más precisos, el componente Gm^2 puede referirse como:

Gm² = **Pl x Nf x Ng** (2)

Pl = Número de plantas por m²

Nf = Número promedio de estructuras florales por planta (mazorcas, vainas, espigas, etc.).

Ng = Número promedio de granos por estructura floral.

Quedando la ecuación como:

$$R = Pl \times Nf \times Ng \times Pg \times 10$$

Partiendo de esta base común a todos los granos básicos, cada cultivo permite aún subdividir el componente número de granos por estructura floral (Ng) de acuerdo a su particular arreglo morfológico. En maíz, la estructuras florales son las mazorcas y el número de granos (Ng) puede subdividirse aún en:

Ng = **Nh x Ngh**

Nh = número de hileras

Ngh = número de granos por hilera

En su forma más amplia, para maíz el rendimiento puede expresarse como:

$$R = Pl \times Nf \times Nh \times Ngh \times Pg \times 10$$

Para arroz, trigo y sorgo, las estructuras florales pueden subdividirse en número de espiguillas y número de granos por espiguilla, ajustándose en forma similar a lo explicado para maíz, quedando la ecuación 3 como:

$$R = Pl \times Nf \times Ne \times Nge \times Pg \times 10 \quad (5)$$

Donde los nuevos valores corresponden a:

Ne = Número de espiguillas

Nge = Número de granos por espiguilla

En base a una estimación adecuada de los componentes de rendimiento, se puede estimar el rendimiento por Ha. Para lograr datos confiables es importante lograr un muestreo lo más representativo posible de los componentes. Mientras más se subdividan los componentes, la inferencia al rendimiento corre mayor riesgo de sesgo. Por ejemplo, en maíz, estimar el número de granos (Ng) en base a número de hileras (Nh) y número de granos por hilera (Ngh) presenta la dificultad de obtener una muestra representativa en base a pocas mazorcas, ya que lo laborioso del proceso limita el número de mazorcas que se pueden utilizar. Además, se dificulta la estimación del número de granos por hilera en mazorcas enfermas y/o dañadas por pájaros. A no ser que el objetivo del investigador incluya específicamente determinar el número de hileras y número de granos por hilera, es preferible considerar el parámetro número de granos por mazorca (Ng) en forma más directa, tratando de muestrear mazorcas lo más aleatorio y objetivamente posible. Igualmente, al considerar el peso del grano, deberá tratarse de obtenerlo en forma directa para eliminar el sesgo derivado de la corrección por porcentaje de desgrane y humedad que se requiere para eliminar el peso del olote así como ajustar la humedad del grano al momento de pesarse. (22).

3.MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

Los ensayos se llevaron a cabo en el Centro de Producción de Oriente Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) localizado en el kilómetro 118 de la carretera que de Guatemala conduce a San Cristobal Frontera, en la Aldea Río de la Virgen, municipio y departamento de Jutiapa. En Jutiapa se sembraron 3 ensayos, en tres fechas diferentes. En El Salvador estuvieron localizados 3 ensayos en los siguientes lugares: La Trompina de Santa Rosa de Lima, departamento de La Unión, en Jocoro, departamento de Morazán y en Tejutla, Cantón Las Peñas, departamento de Chalatenango.

Los ensayos realizados en El Salvador, se aprovecharon en el presente trabajo para dar mayor representatividad al análisis de estabilidad.

3.2 Material genético

1. B₅: variedad de polinización libre de grano blanco semicristalino, de poco follaje, formada con los segregantes blancos de una población precoz amarilla, cuyo comportamiento bajo condiciones de sequía drástica fue sobresaliente.
2. B₃: variedad de polinización libre de grano blanco y dentado, tolerante a sequía, formado con las 10 mejores familias de ICTA B-1 evaluadas en 1976 bajo condiciones de sequía drástica en Jutiapa.
3. V₃: variedad de polinización libre, de grano blanco, formado en CIMMYT con las 10 mejores familias de Tuxpeño -- 1 cuyo comportamiento fue superior bajo condiciones de sequía drástica.

4. **(B₃ x B₅) B₅: primera retrocruza de B₃ x B₅ hacia B₅**
5. **V₃ x B₅.**
6. **(Precoces x Criollo) B₅ 1a. R: primera retrocruza de precoces por criollo hacia B₅.**
7. **Precoz 48 x Lig. Oaxaqueño: cruza de una familia precoz de la población B5 con una variedad criolla del oriente de Guatemala.**
8. **PR 77 B Lote 81: variedad de grano amarillo y dentado, de polinización libre, precoz, de poco follaje, desarrollada en CIMMYT (PR = POZA RICA).**
9. **PR 77 B Lote 89 A. variedad de grano blanco de polinización libre y más precoz, altura de planta muy baja, desarrollada en CIMMYT. (PR = POZA RICA).**
10. **Nueva esparta Mala Hoja: variedad criolla de grano blanco, de polinización libre, su período vegetativo es precoz, poco follaje, proviene del CENTA El Salvador.**
11. **Taverón: variedad criolla de grano blanco de polinización libre, su período vegetativo es precoz, poco follaje, proviene del CENTA El Salvador.**
12. **Cincuentaño-5: variedad criolla de grano blanco, de polinización libre, su período vegetativo es precoz, poco follaje, proviene del CENTA El Salvador.**
13. **A-4: variedad de polinización libre, grano amarillo-semicristalino, de poco follaje, planta de altura mediana, período vegetativo precoz e intermedio, originada en CIMMYT y seleccionado en Guatemala por cuatro generaciones.**
14. **B-1: variedad que proviene de Tuxpeño (planta baja). Altura 2.15 m. de la base del tallo a la espiga, resiste acame, mazorcas bien formadas, de tipo cilíndrico, con granos blancos, grandes y dentados. Este genotipo fue desarrollado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), adaptado a las zonas tropicales comprendidas entre 0 y 1000 metros (0-3000 pies).**
15. **H-3: Es un híbrido de cruza doble con tipo de grano semicristalino y de color blanco, altura de planta 2.30 m. período vegetativo de 90 días a la dobla. Está formado por 4 líneas endogámicas de diferente origen. Su período vegetativo se intermedia a relativamente precoz. Tolerante a enfermedades, principalmente achaparramiento. Fue producido en CENTA en 1960.**

16. Maicito: Variedad criolla salvadoreña de polinización libre, de grano blanco, traído del CENTA El Salvador.
17. Taverón x Cincuentaño-5: híbrido intervarietal, grano blando, altura de la planta mediana y de poco follaje.
18. Taverón x Maicito: cruza intervarietal.

3.3 Manejo del experimento

Diseño:

Bloques al azar, 2 repeticiones en cada fecha.

Ambientes: (Fechas y/o localidades)

<u>Jutiapa 1</u>	<u>Jutiapa 2</u>	<u>Jutiapa 3</u>	<u>La Trompina</u>	<u>Jocoro</u>	<u>Tejutla</u>
30-V-78	6-VI-78	13-VI-78	24-V-78	24-V-78	26-V-78

Distancias entre surcos

<u>Jutiapa (3 fechas)</u>	<u>La Trompina</u>	<u>Jocoro</u>	<u>Tejutla</u>
90 cm	100 cm	70 cm	80 cm

Distancia entre plantas

0.5 m. 3 granos por postura para ralear a 2

Largo del surco: 5 m.

Surcos/parcela: 4

Surcos a cosechar: los 2 centrales

Parcela útil

<u>Jutiapa (3 ensayos)</u>	<u>La Trompina</u>	<u>Jocoro</u>	<u>Tejutla</u>
9.9 m ²	11 m ²	7.7 m ²	8.8 m ²

Fertilización N: 100 Kg. de N/Ha. en tres aplicaciones, 40 Kg. a la siembra, 30 Kg. a los 25 días. 30 Kg. a los 45 días.

Fertilización P: 40 Kg. de P₂O₅ /Ha. al momento de la siembra, sobre limpias y control fitosanitario, se efectuó según las necesidades de cada ambiente.

3.4 Variables en estudio

1. Rendimiento
2. Días a floración
3. Cobertura de la mazorca
4. Altura de la planta y la mazorca
5. Acame de raíz y tallo
6. Peso mazorca en el campo
 - 6.1. Componentes del rendimiento
 - No. mazorcas/planta
 - No. de granos/planta
 - Peso de 1000 granos
7. Plantas cosechadas
8. Número de mazorcas por parcela (total y podridas)
9. Profundidad de las raíces.

3.5. Análisis estadístico

- I. Análisis de varianza sencillo para rendimiento por cada ambiente (fechas de siembra en Jutiapa, diferentes localidades en El Salvador). Se realizó bajo el siguiente modelo de diseño de bloques al azar.

$$X_{ij} = \mu + T_i + R_j + E_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, t$: $t = 18$ tratamientos

$j = 1, 2, \dots, r$: $r = 2$ repeticiones

X_{ij} = es el valor del caracter estudiado de la parcela con el i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición.

μ = es la media general del caracter

T_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento

R_j = es el efecto de la j -ésima repetición

E_{ij} = efectos aleatorios asociados a la ij -ésima observación

ANALISIS DE VARIANZA APROPIADO PARA EL DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR.

Fuente de variación	G. L.
Repeticiones	$(r - 1)$
Tratamientos	$(t - 1)$
Error	$(r - 1)(t - 1)$
Total	$(rt - 1)$

r = Repeticiones

t = Tratamientos

- II. Análisis de varianza para rendimiento de los 18 materiales evaluados en las tres fechas de siembra de Jutiapa. Este análisis se efectuó como análisis combinado, lo que da una idea más amplia de los 3 ambientes (específicos) para el oriente de Guatemala.
- III. Se efectuó la comparación múltiple de medias de rendimiento para el análisis combinado de las 3 fechas de Jutiapa (DUNCAN 5 o/o).
- IV. Análisis de Estabilidad para evaluar el Comportamiento de Variedades. Las 3 fechas de siembra en Guatemala y las 3 localidades de El Salvador se consideran ambientes diferentes, con lo cual se tendrán 6 ambientes, los cuales serán analizados bajo el modelo de Eberhart y Russell, 1968.

El análisis de estabilidad se realizará bajo el siguiente modelo.

$$Y_{ij} = U_i + B_i + I_j + S_{ij}$$

Y_{ij} = es la media varietal de la i-ésima variedad en el j-ésimo ambiente ($i = 1, 2, \dots, v; j = 1, 2, \dots, n$)

U_i = la medida de la i-ésima variedad a través de todos los ambientes.

B_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la 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.

- V. Análisis de Correlación Simple entre rendimiento y profundidad de raíces. Esta correlación se hizo para las 3 fechas de siembra de Jutiapa. Se analizó la profundidad de raíces de 10 plantas de cada parcela/repetición/fecha de siembra. Se incluye correlación simple relacionada con días a floración.
- VI. Se analizaron los componentes del rendimiento por parcela/repetición/fecha de siembra en Jutiapa. El análisis se efectuó en base a la siguiente función.

$$R = P_l \times N_f \times N_g \times P_g \times 10$$

R

R = rendimiento Kg/Ha.

PI = número de plantas por metro cuadrado

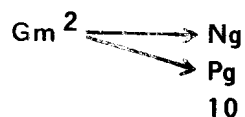
Nf = número promedio de estructuras florales (mazorcas) por planta.

INTERPRETACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD SEGUN CARBALLO Y MARQUEZ, 1970

Categoría	Bi	Sd ² _i	Descripción
a)	= 1	= 0	Variedad estable
b)	= 1	> 0	Buena respuesta en todos los ambientes inconsistentes.
c)	< 1	= 0	Responde mejor en ambientes desfavorables, consistente.
d)	< 1	> 0	Responde mejor en ambientes desfavorables, inconsistentes.
e)	> 1	= 0	Responde mejor en buenos ambientes, consistentes.
f)	> 1	> 0	Responde mejor en buenos ambientes, inconsistente.

Bi = Coeficiente de regresión

Sd²_i = Desviaciones de regresión



número promedio de granos por estructura floral
 peso promedio de grano (en gr) al 12 o/o
 Constante obtenida de multiplicar por 10,000
 para ajustar Gm^2 a Ha. y dividir entre 1,000
 para ajustar a g a Kg. en Pg.

Posteriormente se efectuó una correlación simple entre el rendimiento VRS. cada componente del rendimiento. El objetivo fué evaluar la correlación entre estos POR FECHA DE SIEMBRA. Se obtuvo también la siguiente información adicional: media ($\bar{x}$), coeficiente de variación (C.V) y coeficiente de correlación (R).

VII. Promedios aritméticos de los datos de características agronómicas (floración, altura, etc.).

4.RESULTADOS

I. Análisis de varianza (sencillo) para 6 ambientes. Guatemala - El Salvador.

El Cuadro 3, resume el análisis de varianza para rendimiento de 18 materiales evaluados en seis ambientes diferentes en Guatemala y El Salvador. En los seis ambientes existió diferencia altamente significativa entre variedades. Los coeficientes de variación en este análisis individual fueron excelentes.

II. Análisis de varianza combinado para Jutiapa - Guatemala.

El Cuadro 4, presenta el análisis de varianza combinado para rendimiento de los 18 materiales evaluados en las 3 fechas de siembra de Jutiapa. Nótese que las fuentes de variación de interés, variedades y fechas, son altamente significativas, y el coeficiente de variación nuevamente fue excelente.

III. Comparación múltiple de medias (DUNCAN 5 o/o) Jutiapa.

Cuadro 5 muestra la comparación múltiple de medias de rendimiento y profundidad de raíces para el análisis combinado de tres fechas (específico para Jutiapa - Guatemala). La prueba de DUNCAN ($\alpha = 5$ o/o) identificó diferencias significativas entre variedades y entre fechas; identificando en el primer grupo de variedades a los materiales que se habían seleccionado por su tolerancia a sequía en las evaluaciones previas. Este grupo de cinco variedades e híbridos precoces Lote 81, (PRE x CRIO) B-5, V-3 x B-5, (B-3 x B-5) B-5 y (P48 x L.O.) F₂ superaron al H-3 con rendimientos entre 1.2 y 2.0 Toneladas/Ha.

CUADRO 3

ESTADISTICOS ESTIMADOS EN EL ANVA PARA RENDIMIENTO DE 18 MATERIALES DE
MAIZ EVALUADOS EN SEIS AMBIENTES, GUATEMALA - EL SALVADOR. 1,978.

Ambientes	Jutiapa - Guatemala			El Salvador		
Estadísticos	1a. fecha	2a. fecha	3a. fecha	La Trompina	Jocoro	Tejutla
F.VAR.	*	*	**	*	*	**
MEDIA	4.92	4.19	4.05	3.32	5.28	5.48
MDS	0.778	0.965	0.550	1.34	1.55	1.25
C.V. o/o	10.6	15.6	9.25	9.25	27.1	19.7

F.VAR = Fuente de Variación
 MDS = Mínima Diferencia Significativa
 C.V.o/o = Coeficiente de Variación en porcentaje
 * = Significativo al 5 o/o
 ** = Significativo al 1 o/o

CUADRO 4

**ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA RENDIMIENTO DE 18 MATERIALES
DE MAIZ EVALUADOS EN TRES FECHAS DE SIEMBRA. JUTIAPA. 1978.**

FUENTE DE VARIACION	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
REPETICIONES	0.023		
FECHAS	7.956	25.10	**
ERROR A	0.317		
VARIEDADES	2.293	6.32	**
FECHAS x VARIEDAD	0.371	1.05	N.S.
ERROR B	0.363		
C.V. 13.66 o/o			

CUADRO 5

RESPUESTAS A RENDIMIENTO Y PROFUNDIDAD DE RAIZ DE MATERIALES TOLERANTES A SEQUIA
EVALUADAS EN TRES FECHAS DE SIEMBRA. JUTIAPA, 1978. TON/Ha.

MATERIALES	REND 1a. fecha	P.R.	REND 2a. fecha	P.R.	REND 3a. fecha	P.R.	$\bar{x}$ (Ton/Ha.)	$\bar{X}$ P.R. .
LOTE 81	5.53	19	5.68	26	5.43	22	5.55a	22.33
(PRE x CRIO)B-5	5.97	23	5.46	22	4.21	25	5.22ab	23.33
V-3 x B-5	5.88	21	4.67	22	5.05	26	5.20abc	23.00
(B-3 x B-5)B-5	5.70	24	4.66	20	4.70	25	5.02abc	23.00
(48 x L.O) F ₂	4.40	19	4.66	26	5.21	31	4.77abcd	25.33
ICTA A-4	5.08	18	4.46	20	4.75	24	4.76abcde	20.67
ICTA V-3	5.28	25	4.62	24	4.06	23	4.66 bcdef	24.00
ICTA B-5	5.27	22	4.46	25	3.93	24	4.56 cdefgh	23.67
TAV. x MAI.	5.05	16	4.04	17	3.64	18	4.24 cdefgh	17.00
ICTA B-3	4.95	20	3.64	26	4.05	26	4.21 cdefgh	24.00
TAV. x CINC-5	4.83	17	4.06	19	3.63	19	4.19 defgh	18.33
MAICITO	4.99	17	4.47	21	3.10	16	4.18 defgh	18.00
LOTE-89A	4.21	19	4.19	21	3.50	21	3.97 defgh	20.33
TAVERON	4.70	19	3.82	20	3.26	18	3.93 efgh1	19.00
ICTA B-1	4.45	22	2.98	23	3.08	25	3.93 efgh1	23.33
CINCUENTEÑO-5	4.06	18	3.80	19	3.43	20	3.77 fgh1	19.00
H-3	3.80	20	3.08	24	3.98	25	3.68 h1	23.00
N.E. MALA HOJA	4.40	19	3.82	17	3.26	24	3.19 i	20.00
X Fechas DUNCAN = 5%	4.93 A	20.10	4.93 B	21.60	4.19 C	22.52	4.05	

P.R. = Profundidad de raíz en centímetros.

IV. Correlación simple entre Rendimiento VRS. Profundidad de Raíces Jutiapa.

En el Cuadro 6, se resumen los coeficientes de correlación entre rendimiento VRS. Profundidad de raíces, rendimiento VRS. días a floración y días a floración VRS. profundidad de raíces. El promedio de estas 3 correlaciones, hace observar que la correlación que manifiesta más asociación es la referida a rendimiento VRS. profundidad de raíces. ($R = 0.48^*$). La relación es más estrecha y positiva para la tercera fecha de siembra en Jutiapa ($R = 0.66^*$). Los resultados de este cuadro, también muestran una asociación positiva entre profundidad de raíces y días a floración.

V. Componentes del Rendimiento, Jutiapa.

El Cuadro 7, resume la siguiente información: Por fecha de siembra y por cada componente tabulado se analizó su media, coeficiente de variación y el coeficiente de correlación (rendimiento por fecha VRS. cada componente).

CUADRO 6

**COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE RENDIMIENTO Y PROFUNDIDAD DE RAICES
(P.R.) Y DIAS DE FLORACION FEMENINA (D.F.) JUTIAPA.**

RENDIMIENTO VRS. P.R.	RENDIMIENTO VRS. D.F.	D.F. VRS. P.R.
1a. Fecha 0.45	0.20	0.45
2a. Fecha 0.33	0.14	0.10
3a. Fecha 0.66	0.37	0.46
FECHA 0.48	0.24	0.81

CUADRO 7

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE 18 MATERIALES PRECOCES DE MAIZ
EVALUADOS EN TRES FECHAS DE SIEMBRA. Jutiapa 1978.

Tipo de Análisis	Componentes	1a. FECHA DE SIEMBRA				2a. FECHA DE SIEMBRA					3a. FECHA DE SIEMBRA				
	R ₁	Pl ₁	Nf ₁	Ng ₁	Pg ₁	R ₂	Pl ₂	Nf ₂	Ng ₂	Pg ₂	R ₃	Pl ₃	Nf ₃	Ng ₃	Pg ₃
$\bar{X}$	4,818	4.3	1.08	387.5	0.273	4,147.5	4.36	0.96	355	0.283	4,026	4.32	0.948	339.1	0.296
C.V.	12.85	7.06	9.24	17.7	0.54	19.05	6.69	11.62	19.36	8.76	17.95	9.29	12.43	19.17	9.88
R		0.27 N.S.	-0.16 N.S.	0.56 +	0.15 N.S.		0.28 N.S.	0.18 N.S.	0.87 +++	-0.12 N.S.		-0.07 N.S.	0.02 N.S.	0.68 ++	0.45 +

$\bar{X}$ = media

C.V. = coeficiente de variación

R₁, R₂, R₃ = rendimiento Kg/Ha.

Pl₁, Pl₂, a Pl₃ = No. plantas/M²

Nf₁, Nf₂, Nf₃ = No. promedio mazorcas/planta

Ng₁, Ng₂, Ng₃ = No. promedio granos/mazorca

Pg₁, Pg₂, Pg₃ = Peso promedio de grano (gr) al 15 o/o

N.S. = no significativo

+

≠ significativo al 5 o/o

++ = significativo al 1 o/o

+++ = significativo al 0.1 o/o

Estas significancias son válidas para los coeficientes de correlación (R).

VI. Análisis combinado de Estabilidad. Jutiapa - El Salvador.

En el cuadro 8, se presentan las medias de rendimiento por ambiente así como los índices ambientales, estos muestran una variación de -1.2 a 1.0 Ton/Ha. entre ambientes pobres y ricos, en las localidades de La Trompina y Tejutla, respectivamente.

El Cuadro 9, presenta el análisis de varianza combinado para estabilidad, donde se nota una fuerte interacción genotipo-ambiente, ya que estas fuentes de variación fueron altamente significativas así como también variedades.

El Cuadro 10, muestra las medias de rendimientos y parámetros de estabilidad de los 18 materiales evaluados. En este análisis combinado de 6 ambientes (tres ambientes en Guatemala y 3 ambientes en El Salvador) es notable que los mismos materiales seleccionados por su tolerancia a sequía presentan una excelente respuesta a ambientes ricos como Jocoro y Tejutla ($Ij = .752$ a $Ij = 0.947$, respectivamente).

La cruza $V_3 \times B_5$, ocupó el primer lugar en promedio de 12 repeticiones manteniéndose en los tres primeros lugares a través de todos los ambientes (Cuadro 8), su parámetro de estabilidad fueron $B = *$ (significativo al 5 o/o) y $Sd_i^2 = **$ (Significativo al 1 o/o). Su rendimiento de 5.9 Ton/Ha. fue superior al H-3 en 1.3 Ton/Ha. y con características agronómicas superiores.

La figura 2, muestra las líneas de regresión entre rendimiento e índices ambientales de 2 variedades y 2 híbridos evaluados en 6 ambientes, Guatemala - El Salvador, 1978.

CUADRO 8

MEDIAS DE RENDIMIENTO E INDICES AMBIENTALES PARA 18 HIBRIDOS
Y VARIEDADES DE MAIZ TOLERANTES A SEQUIA: JUTIAPA.

GENEALOGIA	GUATEMALA		EL SALVADOR				
	JUTIAPA 1	JUTIAPA 2	JUTIAPA 3	LA TROMPINA	JOCORO	TEJUTLA	$\bar{Y}_i$
ICTA B15	5.27	4.46	3.93	4.84	6.54	6.84	5.32
(B3 x B5) B5	5.69	4.66	4.70	3.85	7.98	7.71	5.77
V3 x B5	5.87	4.67	5.05	4.93	6.21	8.94	5.94
(PREC. x CRIO) B5	5.96	5.46	4.21	3.77	5.51	7.04	5.33
(PRECOZ 48 x LIG OAX)	4.39	4.66	5.21	4.03	6.64	6.37	5.22
ICTA-B3	4.94	3.63	4.04	3.14	5.20	4.47	4.24
V ₃	5.28	4.62	4.06	3.55	5.41	4.25	4.53
LOTE 81	5.52	5.67	5.43	4.78	4.17	6.40	5.33
LOTE 89A	4.21	4.19	3.49	2.24	3.79	3.38	3.55
NUEVA ESP. N. HOJA	3.86	2.70	3.00	2.49	3.62	4.12	3.30
TAVERON	4.69	3.82	3.26	2.10	3.39	4.59	3.65
CINCUENTEÑO-5	4.06	3.79	3.43	2.54	3.88	3.00	3.45
ICTA-A-4	5.08	4.45	4.79	3.47	5.32	3.99	4.51
ICTA-B-1	4.96	2.97	3.85	4.07	6.50	6.02	4.73
H-3	3.97	3.08	3.98	3.12	6.94	6.88	4.67
MAICITO No.	4.98	4.46	3.09	2.68	4.92	4.96	4.19
TAVERON x CINC-5	4.83	4.06	3.68	2.79	3.87	3.85	3.35
TAVERON x MAICITO	5.03	4.04	3.64	2.42	5.17	5.66	4.33
I_j	0.338	-0.343	-0.483	-1.212	0.752	0.947	4.56

CUADRO 9

ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTABILIDAD DE 18 GENOTIPOS DE MAIZ
EVALUADOS BAJO SEIS AMBIENTES. GUATEMALA - EL SALVADOR 1978.

fuentes de Var.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.C.		
					5 o/o	1 o/o	SIGN
TOTAL	107	171.070	3				
VARIEDADES (V)	17	67.6760	3.981	10.00	1.73	2.15	
AMBIENTE (A)	5	103.394					
V x A	85						
AMB. (LINEAL)	1	0.1897					
V x A (LINEAL)	17	74.5293	4.384	11.01	1.73	2.14	**
DESV. PONDERADA	72	28.675	0.398				
VAR 1	4	2.235	0.559	1.95	2.458	3.506	N.S.
2	4	1.561	0.390	1.36	"	"	N.S.
3	4	4.216	1.054	3.68	"	"	**
4	4	1.469	0.367	1.28	"	"	N.S.
5	4	2.141	0.535	1.87	"	"	N.S.
6	4	0.720	0.180	0.63	"	"	N.S.
7	4	1.354	0.338	1.18	"	"	N.S.
8	4	2.837	0.709	2.48	"	"	*
9	4	1.455	0.364	1.27	"	"	N.S.
10	4	0.329	0.082	0.29	"	"	N.S.
11	4	1.860	0.465	1.62	"	"	N.S.
12	4	1.330	0.332	1.16	"	"	N.S.
13	4	1.758	0.439	1.53	"	"	N.S.
14	4	3.367	0.842	2.94	"	"	*
15	4	4.229	1.057	3.69	"	"	**
16	4	1.014	0.253	0.88	"	"	N.S.
17	4	0.696	0.174	0.61	"	"	N.S.
18	4	0.165	0.041	0.14	"	"	N.S.
ERROR PONDERADO	102			0.286			
MDS = 0.434	C.V = 11.77						

CUADRO 10

MEDIAS DE RENDIMIENTO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE 18
MATERIALES DE MAIZ EVALUADOS EN 6 AMBIENTES, GUATEMALA
Y EL SALVADOR 1978.

MATERIAL		REND. TON/Ha.	COEF. DE REG. Bi	DESV. REG. Sdi ²	
1	(B5 x B5) B5	5.32	1.145	0.27	NS
2	(B3 x B5) B5	5.77	1.973	0.10	NS
3	V3 x B5	5.94	1.506	0.77	**
4	(PREC. x CR.) B5 1a. R	5.33	1.280	0.08	NS
5	PRECOZ 48 x Lig. OAX.	5.22	1.037	0.25	NS
6	B3	4.24	0.826	0.00	NS
7	V3	4.53	0.598	0.05	NS
8	PR 77 B LOTE 81	5.88	0.207	0.42	*
9	PR 77 B LOTE 89 A	3.86	0.587	0.08	NS
10	NUEVA ESPARTA MALA HOJA	3.30	0.748	0.01	NS
11	TAVERON	3.65	0.901	0.18	NS
12	CINCIENTEÑO -5	3.45	0.323	0.05	NS
13	A4	4.51	0.435	0.15	NS
14	B-1	4.73	1.312	0.57	*
15	H-3	4.67	1.860	0.77	**
16	MAICITO	4.19	1.122	0.03	NS
17	TAVERON x CINC. -5	3.35	0.483	0.11	NS
18	TAVERON x MAICITO	4.33	1.434	0.25	NS

TUKEY MUSH

1.07

LINEAS DE REGRESION ENTRE RENDIMIENTO E INDICES
AMBIENTALES DE 2 VARIEDADES Y 2 HIBRIDOS EVALUADOS
EN 6 AMBIENTES.
(GUATEMALA - EL SALVADOR 1978)

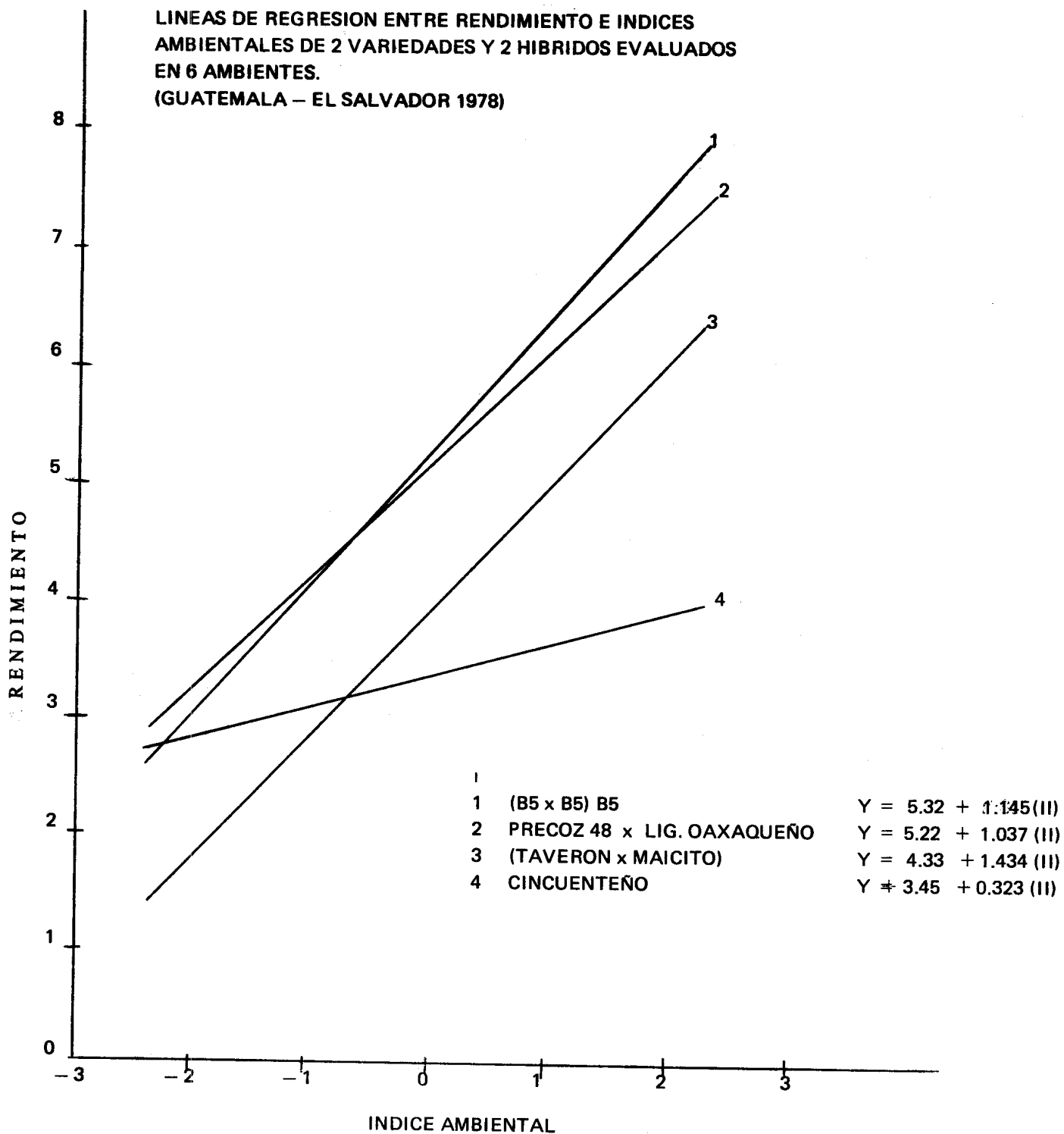


FIGURA 2

VII. Características agronómicas.

Ver Cuadro 11. Entre los materiales más precoces están: Cincuentaño floreó a los 47 días, Taverón por Cincuentaño-5, a los 48 días, Lote 89-A con 49 días y siguen respectivamente: Taveron x Maicito, Maicito, Taverón. Entre estos materiales precoces, los que más rindieron fueron Taverón x Maicito, Taveron x Cincuentaño -5 y el Maicito con rendimientos de 4.24, 4.19 y 4.18 Ton/Ha., respectivamente.

Los materiales que presentaron mayor porcentaje (o/o) de mazorcas descubiertas son: (P48 x L.0) F₂, LOTE 81, ICTA A-4, LOTE 89-A, y el Maicito.

CUADRO 11

RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE MATERIALES PRECOCES DE MAIZ EVALUADOS EN TRES FECHAS DE SIEMBRA. JUTIAPA

1978

GENEALOGIA	Días a Flor Femenina				Rend.	o/o Mzcas	Altura	o/o Mzcas	Prof. de
	1a. fecha	2a. fecha	3a. fecha	$\bar{X}$	Ton/Ha	Desc.	Planta cm.	Podridas	Raíces cm.
LOTE 81	55.0	54.0	58.5	56	5.55	14.3	198	5.2	22.63
(PRE x CRIO) B -5	58.0	56.0	58.0	57	5.22	6.6	223	7.1	23.33
V - 3 x B - 5	60.0	58.5	61.0	60	5.20	1.9	203	6.4	23.00
(B3 x B5) B5	59.5	58.0	61.0	60	5.02	4.3	201	11.4	23.00
(48 x L.O) F ₂	58.5	57.5	58.5	58	4.77	8.8	205	12.4	25.17
ICTA A - 4	55.5	56.5	58.0	57	4.76	8.3	193	6.4	20.67
ICTA V - 3	62.0	64.0	66.5	64	4.66	3.6	203	14.8	23.83
ICTA B - 5	57.0	57.5	61.0	59	4.56	4.8	193	8.3	23.83
TAV x MAI	52.0	49.5	52.0	51	4.24	4.8	211	4.8	17.00
ICTA B - 3	61.5	64.5	65.0	64	4.21	4.1	193	6.7	24.00
TAV x CINC - 5	48.0	46.5	50.0	48	4.19	6.5	181	6.7	18.17
MAICITO	50.5	52.0	51.0	51	4.18	8.8	202	6.0	17.67
LOTE 89A	48.5	46.6	50.5	49	3.97	19.1	182	7.1	20.33
TAVERON	53.0	51.5	55.0	53	3.93	2.9	213	10.2	18.50
ICTA B -1	62.5	65.0	64.5	64	3.93	3.1	186	9.1	23.33
CINCUENTEÑO	46.5	46.5	49.0	47	3.77	1.2	171	1.7	18.83
H - 3	61.0	61.0	60.5	61	3.68	0.7	213	14.3	22.83
N.E. MALA HOJA	55.0	57.0	57.0	57	3.19	2.4	204	7.1	19.67
MDS					0.80				

5. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

I. Análisis de varianza (sencillo) para los 6 ambientes.

Repasando el Cuadro 3, en definitiva existió diferencia altamente significativa entre variedades. Dados los seis ambientes diferentes en que se conjugaron varios factores, esta discusión es más apreciada en el análisis de estabilidad. Algo útil, es ver los coeficientes de variación (C.V.) en forma individual de los 6 ambientes son realmente satisfactorios para tener confiabilidad en los resultados de esta investigación.

II. Análisis de varianza combinado para Jutiapa - Guatemala.

En el análisis de varianza combinado para las 3 fechas de Jutiapa tenemos lo siguiente: El objetivo de sembrar diferentes fechas fue exponer los materiales seleccionados durante 1976 y 1977 a diferentes condiciones de humedad, considerando que alguna de las fechas de siembra estuviera expuesta durante la floración a condiciones de sequía drástica de la "canícula" que normalmente se presenta durante el mes de Julio. Este objetivo no se pudo lograr al máximo, sin embargo, en la tercera fecha de siembra los materiales estuvieron expuestos durante la floración a 17 días de sequía que fue el período máximo de canícula durante el ciclo de cultivo de 1978.

La primera fecha de siembra fue significativamente diferente de la segunda y tercera, no existiendo diferencias entre las dos últimas fechas de siembra. (Ver Cuadro 5).

En esta fecha todos los materiales precoces tardíos mostraron su más alto rendimiento, pues no hubo limitaciones de humedad. En la segunda fecha, los materiales tardíos B-1, V-3 y H-3, disminuyeron su rendimiento pues su floración femenina coincidió con un período seco de 15 días.

Para la tercera fecha, los materiales precoces coinciden exactamente con el período de sequía drástica y sus rendimientos se reducen considerablemente (Nueva Esparta Mala Hoja, Cincuentaño-5, Taveron y las cruas entre estos 2 últimos). Es de observar con mucha importancia, que en esta fecha, los materiales precoces 48 x Lig. Ozaqueño, Lote 81, (B-3 x B-5) B-5. ICTA A-4, seleccionados para tolerancia a sequía no disminuyen sus rendimientos, presentando muy buena respuesta a este ambiente de humedad limitante. Estas variedades superaron significativamente al

H-3 con un rendimiento mayor en 1.23, 1.45, 0.72 y 0.77 Ton/Ha. respectivamente. (Cuadro 5).

III. Comparación múltiple de medias (DUNCAN 5 o/o) Jutiapa.

Lo enumerado en el inciso III de los resultados, coincide con lo reportado por Ozaeta y Córdova (1977), quienes mostraron que estos materiales presentaban buena respuesta a condiciones ambientales de sequía drástica y mantenían su rendimiento bajo condiciones de humedad óptima. Para confirmar esta tendencia, podemos analizar la correlación simple entre rendimiento VRS. profundidades de raíces y rendimiento VRS. días a floración. (Cuadro 6). Léase inciso siguiente.

IV. Correlación simple entre Rendimiento VRS. Profundidad de Raíces y Días a floración. Jutiapa.

Se encontró una asociación estrecha y positiva ($r = 0.48^*$) entre rendimiento y profundidad de raíces. Esta correlación se hace más importante cuando se consideran las fechas de siembra por separado, a medida que la humedad es más limitante, (3a. fecha) para el desarrollo del cultivo. La correlación estimada para la tercera fecha de siembra fue ($r = 0.66^*$), esto se confirma al revisar los datos del Cuadro 5 donde se nota que la profundidad de raíces aumentó a medida que la humedad fue más limitante. Por otra parte, es notorio que la mayoría de materiales que tienen mayor profundidad de raíces son las más rendidores. Esta tendencia es más marcada si revisamos los datos de rendimiento y profundidad de raíces de las variedades (P-48 x Lig. Oax) F2, (B-3 x B-5) B-5 y V-3 x B-5, las cuales en la tercera fecha (humedad limitada) tuvieron los más altos rendimientos y la mayor profundidad de raíces 31, 25 y 26 centímetros, respectivamente. (Cuadro 5).

Lo anterior apoya los resultados discutidos en los párrafos anteriores, que al seleccionar para tolerancia a la sequía, se selecciona indirectamente para profundidad de raíces como una característica genética que contribuyen a esta tolerancia o condiciones de humedad limitada.

Los rendimientos del cuadro 6 muestran una asociación estrecha y positiva entre profundidad de raíces y días a flor. Esto comprueba lo discutido en relación a que la precocidad es un mecanismo de resistencia a la sequía como un escape (Fisher 1977), lo que significa que bajo condiciones de sequía drástica, las variedades

precoces no seleccionados para resistencia a la sequía no tendrían ningún valor. Los cruzamientos entre criollos precoces muestran un período vegetativo corto en comparación con el resto de materiales evaluados y alto rendimiento bajo condiciones de humedad óptima, disminuyendo sus rendimientos considerablemente bajo condición de humedad limitante.

V. Componentes del Rendimiento.

El rendimiento disminuyó conforme la humedad fué más limitante de la 1a. fecha a la 3a. fecha, respectivamente. Sin embargo la $\bar{X}$ de rendimiento de las tres fechas fué de 4,330.0 Kg/Ha., dato que es superior al citado por Poey y Córdova (1976) de 3,190 Kg/Ha. con materiales evaluados bajo condiciones de sequía; ahora, este rendimiento promedio de 4,330 Kg/Ha. es un poco menor comparado con el que indica Pineda (21) de 4,993 Kg/Ha., pero es el caso que aún así, este rendimiento sería muy aceptado en condiciones de Jutiapa ya que equivale a 66.82 qq/Mz.

Para las 3 fechas de siembra, la media de la población de planta fué de $4.33/m^2$ (43,300 plantas /Ha.), población superior a la citada por Pineda (21) de 40,000 plantas por Ha. Córdova y Poey (1976) y Pineda (21), en sus investigaciones y consultas indican respectivamente que para el número promedio de mazorcas/planta obtuvieron estos datos 0.92 y 0.95 mazorcas/planta. En las 3 fechas de siembra de Jutiapa (1978), se obtuvo un promedio de 0.99, valor superior a los mencionados anteriormente.

El número promedio de granos/mazorca en la presente investigación fué de 360 granos, valor inferior al indicado por Pineda (21) de 600 granos/mazorca; este valor se vió más afectado en la 3a. fecha de siembra ya que la canícula afectó en su período de floración dando un promedio de 339 granos/mazorca en esta 3a. fecha.

Un valor que se encuentra igual al citado por Pineda (21), fue el promedio de peso de grano (gr) en la 3a. fecha, este autor indica un peso de 0.3 gramos/grano y en esta investigación el valor fue de 0.296 gramos para la 3a. fecha de siembra. Es curioso que en la 1a. fecha de siembra el valor fué de 0.273 gramos/grano a pesar de buenas condiciones de humedad; la razón es que en la 3a. fecha de siembra (humedad mínima) había menos número de granos por llenar, entonces por ello se obtuvo mayor peso de grano, pero, si el rendimiento de la 1a. fecha fue superior a la 3a. fecha se debió a que la 1a. fecha tenía mayor número de mazorcas/planta y mayor número de granos/mazorca. Sobre los coeficientes de correlación, los

componentes que se asocian más positivamente al rendimiento en condiciones de humedad limitada (3a. fecha - Jutiapa) fueron:

- Número granos/mazorca (coeficiente correlación = 0.68**)
- Peso promedio del grano (coeficiente correlación = 0.45*)

Los que más influyen en sentido contrario son:

- Número plantas/m²
- Número mazorcas/planta

Ver cuadro 7.

** = significativo al 1 o/o

* = significativo al 5 o/o

Lo anterior sugiere que no es alta población de plantas lo que contribuye en condiciones de humedad limitada, ya que la competencia por humedad entre posturas limita el llenado de grano, además de que la floración se puede ver afectada por sequía disminuyendo el número de mazorcas/planta.

Gómez, citado por Pineda (21), encontró en sus experimentos que los principales componentes fueron: número de mazorcas/planta, número planta/área y peso de grano, la presente investigación de precoces en condiciones de humedad limitada sólo coincide respecto a peso de grano.

Leiva Ruano (13) concluye que los componentes del rendimiento que más se asociaron al rendimiento fueron en este orden:

- Número granos/planta.
- Número mazorcas/planta.
- Número granos/hilera.
- Número granos/mazorca.
- Peso del grano.
- o/o desgrane.

Los resultados no coinciden con Leiva Ruano (13) ni Gómez, ahora, estos valores del Suroriente de Guatemala, Jutiapa, son válidos para condiciones de humedad limitada con materiales precoces y, con ciertas características de tolerancia y/o resistencia a sequía.

Esta discusión sobre los componentes del rendimiento, tiene respaldo positivo al observar los coeficientes de variación que son aceptables (Ver cuadro 7).

VI. Análisis combinado de Estabilidad. (Jutiapa - El Salvador)

Las variedades ICTA-B5, (B3 x B5) B5 y (Precoz 48 x Ligero Oaxaqueño) F2 mostraron una excelente adaptación a todos los ambientes, con rendimiento entre 5.0 5.7 Ton/Ha. comprobada por sus parámetros de estabilidad (Cuadro 10), (Precoz 48 x Lig. Oax) F2 fue clasificada como una variedad estable $b_i = 1.04$ y $Sd_i = 0$ la cual ofrece menos riesgo a los agricultores que la cultivan.

El híbrido precoz Taverón x Maicito fue similar en rendimiento que el H-3 pero 8 días más precoz, esto asegura una cosecha rápida en las localidades donde el período de lluvia es corto, por otra parte es una buena alternativa para los sistemas de cultivo asociados o cultivos en relevo ya que su período de siembra a dobla fue de 75 días.

Los coeficientes de regresión (b_i) estimados para las variedades precoces fueron significativamente menores que 1 y desviaciones de regresión (Sd_i^2) similares a cero. Esta respuesta es una buena alternativa para la agricultura de temporal. Estos resultados coinciden con los reportados por Nevado y Sevilla (1976) quienes sugieren que para regiones agrícolas de mayor riesgo deben seleccionarse variedades con coeficiente de regresión ($b_i < 1$) menores que 1 (Figura 2).

6. CONCLUSIONES

1. Aunque las condiciones de humedad presentadas durante 1978 en el Suroriente de Guatemala no presentaron problemas de sequía drástica. Existió un período de "canícula" de 17 días, el cual permitió exponer las variedades durante su floración a condiciones de humedad mínima.
2. Se observó tendencia de los materiales seleccionados por su resistencia a sequía a mostrar mejor respuesta bajo condiciones de humedad mínima, siendo estos materiales los que mostraron los más altos rendimientos a través de las tres fechas, asegurando el menor riesgo para los agricultores que lo cultivan.
3. Existe una asociación estrecha y positiva entre rendimiento y profundidad de raíces ($r = 0.66^*$) y días a floración y profundidad de raíces ($r = 0.46^*$), lo cual sugiere que se debe poner énfasis en selección para estas características, para desarrollar variedades tolerantes a sequía.
4. Sobre los coeficientes de correlación en los componentes del rendimiento, la que más se asocian positivamente al rendimiento en condiciones de humedad limitada (3a. fecha - Jutiapa) fueron:

- No. granos/mazorca (significativo al 1 o/o)
- Peso promedio del grano (significativo al 5 o/o)

Los que más influyeron en sentido contrario son:

- No. plantas/m²
- No. mazorcas/planta

(Ver Cuadro 7, y el inciso de Discusión de los Resultados sobre los componentes del rendimiento).

5. Los cruzamientos (Precoz 48 x Lig. Oaxaqueño(F₂ (Precoces por criollos) B-5, V-3 x B-5, (B-3 x B-5) B-5, B-5 de grano blanco y Lote 81 y A-4 de grano amarillo

superaron al H-3 con rendimiento entre 0.8 y 2.0 Ton/Ha. Precoz 48 x Lig. Oaxaqueño mostró una excelente estabilidad de rendimiento ($b_i = 1$ y $Sd_i^2 = 0$).

6. Los híbridos intervarietales precoces (Taveron x Maicito) y (Taveron x Cincuentaño) mostraron una precocidad excelente con rendimientos aceptables bajo condiciones de humedad óptima, pudiendo cosechar a los 90 días. Esto sugiere menor riesgo bajo un tipo de precipitación como el de 1978, pues asegura al agricultor una cosecha rápida.

7. RECOMENDACIONES

- 1. Continuar esta investigación con los materiales más rendidores y precoces. Por ejemplo: Lote 81, (PRE x CRIO) B-5, V-3 x B-5, (B-3 x B-5) B-5, (P48 x Lig. Oax.) F₂ (el más estable), Taverón x Maicito, Taverón x Cinc. 5, Lote 89 A, Taverón, Cincuentaño.**
- 2. Dar la importancia que merece al material (Precoz 48 x Ligero Oaxaqueño) ya que en 1978, al igual que 1977 fué el más estable y de alto rendimiento en la 3a. fecha de siembra (humedad limitada).**
- 3. En lo posible, evaluar datos importantes relacionados con la morfología y fisiología de la planta, tal como profundidad de raíces, áreas foliares y correlacionar estos datos contra el rendimiento. También es de importancia fundamental correlacionar los días a floración. Esto podría verificar los datos obtenidos en la presente investigación.**
- 4. Si los futuros ensayos se evalúan en diversos ambientes, verificar los datos obtenidos en el presente trabajo sobre los componentes del rendimiento en condiciones de humedad limitada.**

8 RESUMEN

Con el objetivo de desarrollar variedad de maíz que respondan en forma consistente a condiciones de humedad limitada, en 1977 se inició un proyecto cooperativo con materiales desarrollados por los programas de maíz de El Salvador y Guatemala. Durante 1978, 18 variedades o híbridos seleccionados bajo diferentes condiciones de humedad fueron evaluados en 6 ambientes contrastantes del sur-oriental de Guatemala y El Salvador. En Guatemala los ambientes estuvieron constituidos por tres fechas de siembra las cuales correspondieron a condiciones de humedad óptima, media y mínima, respectivamente, en El Salvador los ambientes fueron tres localidades diferentes. Aunque las condiciones de humedad presentes en el sur-oriental de Guatemala y El Salvador no fueron problemas de sequía drástica existió un período de canícula de 17 días (en Guatemala) en el cual permitió exponer las variedades durante su floración a condiciones de humedad mínima.

Se observó tendencia de los materiales seleccionados por su tolerancia a sequía a mostrar mejor respuesta bajo condiciones de humedad mínima, siendo estos materiales los que mostraron los más altos rendimientos a través de los diferentes ambientes asegurando así un menor riesgo a los agricultores que los cultivan. Las variedades V3 x B5, B3 x B5 y B-5 superaron al H-3 con rendimientos mayores de 1.5, 1.3 y 0.8 Ton/Ha, respectivamente y presentando una respuesta consistente en todos los ambientes en prueba.

El híbrido Precoz 48 x Ligero Oaxaqueño se comportó estable al igual que en 1977, rindió en humedad limitada 5.21 Ton/Ha. Los híbridos Precoces Taveron x Maicito y Taveron x Cincuentaño presentan una buena alternativa, para asociaciones de cultivo o cultivos intercalados para localidades en las cuales el período de crecimiento del maíz está determinado por el principio y final de una estación lluviosa más o menos fija.

La alta correlación positiva ($r = .66^{**}$) entre profundidades (L.R.) de raíces y rendimientos muestra una clara asociación entre estos 2 caracteres principalmente bajo condiciones de humedad mínima.

Los coeficientes de correlación que más se asocian positivamente al rendimiento en condiciones de humedad limitada fueron: No. de granos/mazorca (significativo al 1 o/o) y peso promedio del grano (significativo al 5 o/o).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALLARD, R. W. y BRADSHAW, A.D. Implication of genotype environment interactions, in aplid plant breeding, Crop Sci. 4: 503-509, 1967.
2. CARBALLO, C. A. y MARQUEZ S., P. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Agro-ciencias 5 (1): 129-146, 1970.
3. CORDOVA, H. Uso de parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de variedades. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 35 p., 1978.
4. CORDOVA, H, y POEY, F. Evaluación de la población ICTA B-1 C5 bajo condiciones de sequía drástica. Informe Programa de Maíz, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 1976. pp. 69-75. 1976.
5. CORDOVA, H. S. y POEY, F. Evaluación y selección de materiales tolerantes a sequía. Informe Anual 1977 Programa de Maíz. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala, 1977. pp. 95-105. 1977.
6. DARDON, O. y CORDOVA, H. Estimación de parámetros de estabilidad en el comportamiento de variedades de maíz (*Zea Mays* L.) en la zona baja de Guatemala (II) variedades experimentales, (I) variedades comerciales. En 24a. reunión del Programa Cooperativo Centro Americano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, San Salvador, El Salvador, Julio 1978 pp. M28/1-5 y M29/1-6.
7. FISCHER, K. S. Potential for genetic improvement in the performance of maize grown under limited moisture. México. International Center for Improvement Corn and wheat paper. 9 p, 1977.
8. GOMEZ, F. R. Analise multivariada aplicada a competicoes de producao de milho. Expe, Vicoso, 1: 25-64, 1970.
9. HOLDRIGGE, L. R. Zonificación ecológica de Guatemala según sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura, SCIDA, 1958. 19 p.
10. HUME, D. J. y CAMPBELL, D. M. Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. Can. J. Plant. Soi 52: 363-368, 1972.
11. INUYAMA, S. y MUSICK, J. T. Relationships of sorghum leaf water potential under stress and grain yield for different stanges of plant development. Madisson, Wisconsin. American Society Agronomy, Division C-2, 70 p, 1976.
12. JOHNSON, R. M., McCLUME, K. E. JOHNSON, L. J. KLOSTERMAN, E. W. and TRIPLET, G. B. Corn Plant maturity. I changes in dry matter and Protein distribution in corn plants. Agron. J. 58, pp. 151-153, 1966.
13. LEIVA, R. Efecto de la selección familiar sobre el rendimiento y características agronómicas en tres poblaciones de maíz (*Zea Mays* L.) Tesis (Ingeniero Agrónomo). Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. pp. 56-58.
14. LENG, E. R. Effects of heterosis on the mejor componente of grain yiel in corn. Agro. Jour. 46: 502-506, 1954.
15. McPHERSON, H. G. and Mayer, J. S. Regulation of grain yield by photosynthesis in maize subjected to a water deficiency. Agron. J. 69. pp. 714-718, 1977.
16. MEJIA, A. Selección de genotipos de maíz por rendimiento y estabilidad para áreas de temporal del Valle de Puebla. Tesis (Mg. Sc.) Chapingo, México. Colegio de Postgraduados. 100 p, 1971.
17. MERCK, E. F. Evaluación de rendimiento y estabilidad de 17 materiales experimentales de maíz (*Zea Mays* L.) en el suroriente del país, Jutiapa, 1977. Tesis (Ingeniero Agrónomo), Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. 75 p.
18. O'TOOLE, J. C. Drought resistance in rice genotypic variation in maintaince of leaf water potential. Madisson, Wisconsin. American Society Agronomy. Division C-2, 70 p, 1976.
19. OZAETA, M. y CORDOVA, H. Evaluación y selección de materiales resistentes a la sequía. I. Di-

- ferentes criterios de selección II. Híbridos precoces. 24a. Reunión del Programa Cooperativo Centro Americano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, San Salvador, El Salvador, Julio 1978, pp. M18/1-7.
20. PAUL T., I. Mala distribución de lluvias en Jutiapa y zonas periféricas. Informe Encuentro Agrícola para Técnicos, Jutiapa, Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 1978. 30 p.
 21. PINEDA, H. Efecto de niveles y frecuencias de aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del maíz, en el suroriente de Guatemala. Tesis (Ingeniero Agrónomo) Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1976, 57 p.
 22. POEY, F. Los Componentes del rendimiento y su aplicación en la investigación de cultivos. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Septiembre 1978 Boletín Técnico No. 3, 17 p.
 23. SALGUERO, V. Estimación de los parámetros de estabilidad para medir el rango de adaptación de 4 híbridos y 6 variedades de maíz (*Zea Mays* L.) en el suroriente de Guatemala. Tesis (Ingeniero Agrónomo), Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1977. 71 p.
 24. SIMONDS, N.W. Variability in crop plants, its use and conservation. Biol. Rev. 87:422-465. 1962.
 25. SOTO, G. J. Análisis de la precipitación pluvial para los cultivos de maíz y frijol en siembras de primera en Quezada, Jutiapa. Informe de Monografía, Jutiapa, Guatemala Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 1977. 20 p.

Vo. Bo.
Biblioteca Central.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

IMPRIMASE:

Dr. Antonio A. SANDOVAL S.
D E C A N O



Los datos presentados en este trabajo fueron obtenidos bajo la dirección de los encargados del Programa de Maíz de la Región VI del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Los resultados son propiedad de dicho Instituto y se publican con la debida autorización.