

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Facultad de Agronomía

EVALUACION DE FAMILIAS DE LA POBLACION ICTA B-7
SELECCIONADAS BAJO CONDICIONES DRASTICAS DE SEQUIA

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

FAUSTO ERNESTO ARAGON POLANCO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, MAYO DE 1982

01
T(435)

C. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Raul Osagueda Palala

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Dr. Antonio A. Sandoval S.
Vocal 1o.	Ing. Agr. Oscar Leiva
Vocal 2o.	Ing. Agr. Gustavo Méndez
Vocal 3o.	Ing. Agr. Nestor Fernando Vargas
Vocal 4o.	Prof. Leonel Enrique Durán
Vocal 5o.	P. A. Roberto Morales
Secretario	Ing. Agr. Carlos R. Fernández

TRIBUNAL QUE REALIZO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Dr. Antonio Sandoval S.
Examinador:	Ing. Agr. Emilio Conde Goicolea
Examinador:	Ing. Agr. Fredy Hernández Ola
Examinador:	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez
Secretario:	Ing. Agr. Carlos René Fernández

Guatemala, 27 de mayo de 1982

Señor Decano
Dr. Antonio A Sandoval
Facultad de Agronomía
P r e s e n t e :

Señor Decano:

Tendo el agrado de comunicarle a usted, que en cumplimiento de lo resuelto por la Honorable Junta Directiva de ésta Facultad, he dado el asesoramiento al Ingeniero Agronomo If. Fausto Ernesto Aragón Polanco , para realizar su trabajo de Tesis Intitulado ; "Evaluacion de familias de la población ICTA B-7, seleccionadas bajo condiciones drásticas de sequía.

Considero que esta Tesis ha sido ejecutada de acuerdo al método y no a los métodos actuales de mejoramiento de maíz, cumpliendo con los requisitos que debe llenar una Tesis de grado a nivel superior .

Por lo anterior recomiendo sea aprobada y aceptada para su discusión y examen general público que el autor debe sostener en su acto de graduación.-

Sin otro particular de usted deferentemente.

A handwritten signature in dark ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, is written over a circular stamp. The signature is identified as Gregorio Jacob Soto Guerra.

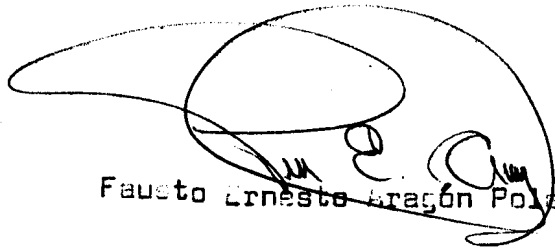
Gregorio Jacob Soto Guerra

Guatemala, 28 de mayo de 1962

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

De conformidad con lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a su consideración el trabajo de Tesis intitulado: EVALUACION DE FAMILIAS DE LA POBLACION ICTA 8-7 SELECCIONADAS BASO CONDICIONES DRACTICAS DE SEQUIA, con el proposito de llenar el último requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente:

A large, stylized handwritten signature in dark ink, featuring a prominent loop and a long horizontal stroke extending to the left.

Fausto Ernesto Aragón Polanco

DEDICO ESTE ACTO Y TESIS

A DIOS

A MIS PADRES

Fausto Enrique Aragón Reyes
Catalina Polanco

A MIS HERMANOS

Carlos, Byron, Saúl
Maritza.

A MIS SOBRINOS

Velvet y Milton

A MI TIA

Susana Aragón Bonilla

A MI NOVIA

Lucy Ruckwardt Lynch

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

RECONOCIMIENTO

Al Ing. Agr. Gregorio Jacob Soto por su constante colaboración y ayuda en el asesoramiento y revisión del presente trabajo.

A la Facultad de Agronomía

A la Universidad de San Carlos

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.

Los siguientes datos han sido recabados mediante la utilización de recursos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA, por lo que la utilización de los mismos únicamente será con previa autorización de dicha institución.

C O N T E N I D O

	Página (s)
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	1
3. OBJETIVO	2
4. HIPOTESIS	2
5. REVISION DE LITERATURA	2
5.1. Antecedentes de Jutiapa	2
5.2. Precipitación	3
5.3. Retención de Humedad del Suelo	4
5.4. Métodos de Selección	8
5.5. Polinización Libre	9
6. METODOLOGIA	9
6.1. Localización	9
6.2. Climatología	9
6.3. Suelos	9
6.4. Humedad Optima	10
6.5. Sequía Drástica	12
6.6. Material Genético	12
6.7. Análisis Estadístico	12
6.8. Manejo	16
7. RESULTADOS	18
7.1. Análisis de Rendimiento	18
7.2. Análisis de Varianza	18
7.3. Análisis de Correlación y Regresión	22
7.4. Análisis de Características Agronómicas.	22
8. DISCUSION DE RESULTADOS	25
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
10. BIBLIOGRAFIA	27-28

LISTA DE CUADROS

C u a d r o	Página (s)
1. Resumen de producción y pérdidas de grano en la Región VI, 1977.	2
2. Necesidad mensual de agua del cultivo del maíz de acuerdo a precipitación pluvial.	5
3. Características climáticas del sitio experimental.	9
4. Clasificación de reconocimiento y características de los suelos del sitio experimental.	10
5. Características químicas del suelo del sitio experimental.	10
6. Retención de humedad del suelo del sitio experimental.	10
7. Análisis de varianza para un látice parcialmente balanceado.	13
8. Medias de rendimiento de grano al 15% de humedad de familias evaluadas en dos ambientes de humedad, Jutiapa, Guatemala, 1981.	19
9. Resumen del análisis estadístico efectuado en las familias de la población ICTA B-7, evaluadas en dos ambientes diferentes de humedad, Jutiapa, Guatemala, 1981.	20
10. Medias de rendimiento de grano al 15% de humedad de familias de la población ICTA B-7, evlaudas en dos ambientes de humedad, Jutiapa, Guatemala, 1981.	21
11. Diferencial de rendimiento y características agronómicas de familias de la población ICTA B-7, seleccionadas bajo condiciones drásticas de sequía y humedad óptima, Jutiapa, Guatemala, 1981.	24

L I S T A D E G R A F I C A S

G r á f i c a	Página (s)
1. Uso consuntivo para el cultivo del maíz	6
2. Promedio de precipitación pluvial en base a nueve años de registro de la distribución de lluvia en el municipio de Jutiapa.	7
3. Curva de retención de humedad	11
4. Plano de campo, bajo el cual fueron sembrados los tratamientos evaluados	15
5. Acame de tallo y raíz	17
6. Calificación a sequía	17
7. Línea de regresión y la correlación entre el porcentaje de índice de pérdida de grano y calificación a sequía.	23

RESUMEN

En el sur-oriente de Guatemala la mala distribución de las lluvias (períodos de canícula que fluctúan entre 15 y 45 días) unido a otros factores tales como: Baja fertilidad de los suelos, topografía, calidad de semilla, constituyen el principal problema del rendimiento de grano para los cultivos.

El objetivo del presente trabajo fue de evaluar las mejores familias de maíz (*Zea mays* L.) provenientes de la población ICTA B-7, seleccionadas bajo dos ambientes de humedad (humedad óptima y sequía drástica), y presentarle mejores alternativas al agricultor para la obtención de mejores rendimientos de grano.

La hipótesis a aceptar o rechazar es : Las familias de la población ICTA B-7, seleccionadas bajo dos condiciones de humedad tienen alto potencial de rendimiento, cuando las condiciones de humedad del suelo no son limitadas. Para la verificación de la hipótesis se utilizó una localidad, el municipio de Jutiapa, material resistente a sequía (seleccionado en ciclos anteriores), sometiendo a dos ambientes contrastantes de humedad.

Los resultados obtenidos indican la existencia de variabilidad genética en la población evaluada, ya que existieron familias que presentaron mejores rendimientos en condiciones mínimas de humedad que en humedad óptima y viceversa. Al efectuar una comparación de rendimientos para los dos ambientes se pudo observar que el promedio de disminución de rendimientos para sequía drástica fue de 49%. Se identificaron 10 de las mejores familias bajo una presión de selección al 8% involucrando las características agronómicas evaluadas.

La correlación entre el índice de pérdida de rendimiento de grano y calificación a sequía fue altamente significativa (0.232), y la pérdida de rendimiento por incremento de cada unidad de calificación a sequía fue de 9.6%. Esta metodología ha permitido seleccionar genotipos resistentes que en otra forma por las condiciones ambientales pudieron ser descartadas.

1. INTRODUCCION:

El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia en Guatemala: primero por su gran variabilidad genética, posee un amplio rango de adaptación, esto lo hace el más cultivado; segundo, lo consume la mayoría de la población ya que según datos del INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá), el maíz es el alimento más importante en la dieta del guatemalteco, así proporciona: 63% de calorías, 65% de proteínas, 65% de grasas, 94% de calcio (Ca.) y un 60% de fósforo (P).

En el departamento de Jutiapa, la mayor parte de la población depende del cultivo de los granos básicos (maíz, frijol, sorgo, arroz), siendo el maíz de vital importancia para la misma, obteniéndose producciones que oscilan entre 15 y 40 qqs./Mz. Los bajos rendimientos se han debido a la acción de diferentes factores como: el uso de tierra marginal (baja fertilidad de los suelos, topografía variada, que en su mayoría se encuentra entre 30 y 40 grados de pendiente), alta incidencia de plagas y enfermedades, las lluvias que a pesar de ser suficientes están mal distribuidas, lo que conlleva a un fuerte período de sequedad llamado también canícula. El presente trabajo se realizó en este departamento para evaluar la población ICTA B-7 en dos ambientes diferentes de humedad (sequía drástica y humedad óptima); por características que posee este material para tolerar sequía.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

En la región VI existe un período crítico de escasez de lluvia llamado " Canícula ", que se da a mediados del mes de Julio y puede prolongarse hasta el mes de Agosto, año con año es la etapa crítica para el cultivo del maíz, influyendo en la baja productividad del mismo. Los períodos secos o canículos pueden oscilar entre 15 y 45 días, y se agudiza este problema si éstos coinciden con las épocas de mayor demanda de humedad del cultivo, como es el período de floración el cual repercute en grandes pérdidas de grano para los agricultores.

El problema de humedad, unido con otros factores limitantes en la producción, redundan en grandes pérdidas de grano para la zona. En el quinquenio 76-80, el año difícil fue 1977, el cuadro 1 presenta cifras globales de producción y pérdidas en dicho año.

**Cuadro 1 Resumen de producción y pérdidas de grano en la
región VI, 1977**

CULTIVO	SUPERFICIE		PRODUCCION TOTAL qq.	PERDIDA	PERDIDA TOTAL qq.
	CULTIVADA Mz.	RENDIMIENTO			
MAIZ	123,042	15.26	1,877,621	23	431,853
FRIJOL	39,491	6.36	341,136	60	150,698
ARROZ	7,204	25.14	181,109	22	39,690
SORGO	71,426	23.37	1,669,580	9	150,230
TRIGO	486	30.00	14,580	25	3,645

Fuente: Comité de Desarrollo Agrícola S.P.A., Región VI, 1977.-

tomando en cuenta estas razones, para la región pueden presentarse mejores alternativas de producción al desarrollar y evaluar bajo condiciones propicias, materiales precoces y/o tolerantes a sequía, los cuáles por sus características genéticas escaparían los períodos críticos de sequía y los deficit de humedad respectivamente.

3. OBJETIVO

Evaluar las mejores familias de maíz (*Zea mays* L.), provenientes de la población ICTA B-7, bajo dos condiciones diferentes de humedad(humedad óptima y humedad deficiente) seleccionadas en ciclos anteriores de invierno por sus características genéticas para tolerar sequía.

4. HIPOTESIS

Las familias de la población ICTA B-7 seleccionadas bajo condiciones drásticas de sequía, tienen alto potencial de rendimiento, cuando las condiciones de humedad del suelo no son limitadas.

5. REVISION DE LITERATURA

5.1. Antecedentes de Jutiapa

El departamento de Jutiapa se encuentra situado en el Sur-oriente de Guatemala, a 14° de Latitud Norte y 90° Latitud Oeste, a 900 metros sobre el nivel del mar, cuentan con el clima de la región que es cálido-seco. La estación lluviosa se presenta en forma irregular, existen períodos de sequía y períodos de continua e intensa precipitación, lo que afecta el rendimiento de los cultivos, siendo para esta región los cultivos de granos básicos (maíz, frijol, sorgo, arroz).

PAUL (10), menciona que las causas y/o situaciones que influyen o acentúan las pérdidas en la producción de los granos básicos son:

1. Que de acuerdo a la zonificación Ecológica de Guatemala (8) según las formaciones vegetales, ésta región corresponde a la Faja de Bosques Sub-Tropical seco, donde la vegetación natural consiste de gramas y matorrales, de los cuales muchas son plantas espinosas de apariencia acasia con algunos cactus, jícaros y malezas.
2. El ecosistema ha sido alterado debido a la influencia del hombre como lo es:
 - 2.1. La deforestación
 - 2.2. El mal manejo y conservación del suelo y agua
3. El uso de variedades que no presentan tolerancia y/o resistencia a la sequía.
4. Agronomicamente, la baja calidad de los suelos, que influyen en la capacidad de retención de humedad y de fertilizantes.

5.2. Precipitación:

SOTO (14), realizó estudios sobre análisis de precipitación pluvial para los cultivos de maíz y frijol en los municipios de Quesada y Jutiapa, determinando que la etapa crítica de desarrollo para los cultivos es en el mes de Julio, que es cuando se establece el período de sequedad o canícula.

FISHER (1977) citado por PAUL (1979), 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 y 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 en los tres niveles de humedad. Existen genotipos superiores para condiciones de sequía severa; 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 a 10 para resistencia a sequía.

CORDOVA Y POEY (1976) evaluaron 250 familias de la población ICTA B-1 C5 bajo condiciones de sequía drástica en el Sur-Oriente de Guatemala, obteniéndose los siguientes resultados: La media de las familias seleccionadas por su tolerancia a sequía fue de 3190 Kg/Ha.

OZAETA Y CORDOVA (1977), evaluaron una serie de variedades e híbridos seleccionados a través de diferentes criterios de selección para tolerar sequía.

MAC PHERSON Y BAYER (1977), citados por PAUL (10) menciona que en estudios que se hicieron sobre regulación del rendimiento del grano en maíz por la fotosíntesis bajo diferentes condiciones de deficiencia de humedad, concluyeron que la traslocación de nutrientes se inhibe menos que la fotosíntesis durante períodos prolongados de sequía, además que la acumulación fotosintética total durante la estación de crecimiento, controla el rendimiento de tal manera que el proceso de floración no se interrumpe.

5.3. Retención de Humedad en el Suelo:

La retención y movimiento del agua por el suelo, requieren ambos energía. El humedecimiento del suelo está acompañado por una liberación de calor, el cual puede ser medido. Las fuerzas responsables de la retención de humedad del suelo son: La gravedad, la atracción, tensión capilar, presión osmótica.

El agua del suelo ha sido dividida en tres tipos: gravitacional, capilar e higroscópica. El agua gravitacional es el agua que está retenida en los suelos a una tensión menor de $1/3$ de atmósfera que permite que el agua retenida suavemente se mueva hacia abajo debido a la fuerza de gravedad. Las plantas pueden hacer poco uso de esta agua por lo que sufriran daños, ya que se da una producción de oxígeno (O_2). El agua capilar es aquella que se encuentra retenida en el suelo a tensiones de $1/3$ y 15 atmósferas. Capacidad de campo ($1/3$ de atmósferas) y punto de marchitez permanente (15 atmósferas) es la que se encuentra disponible para las plantas. El agua higroscópica es aquella, que se encuentra retenida a una fuerza mayor de 15 atmósferas, la cual no es aprovechada para las plantas. (11)

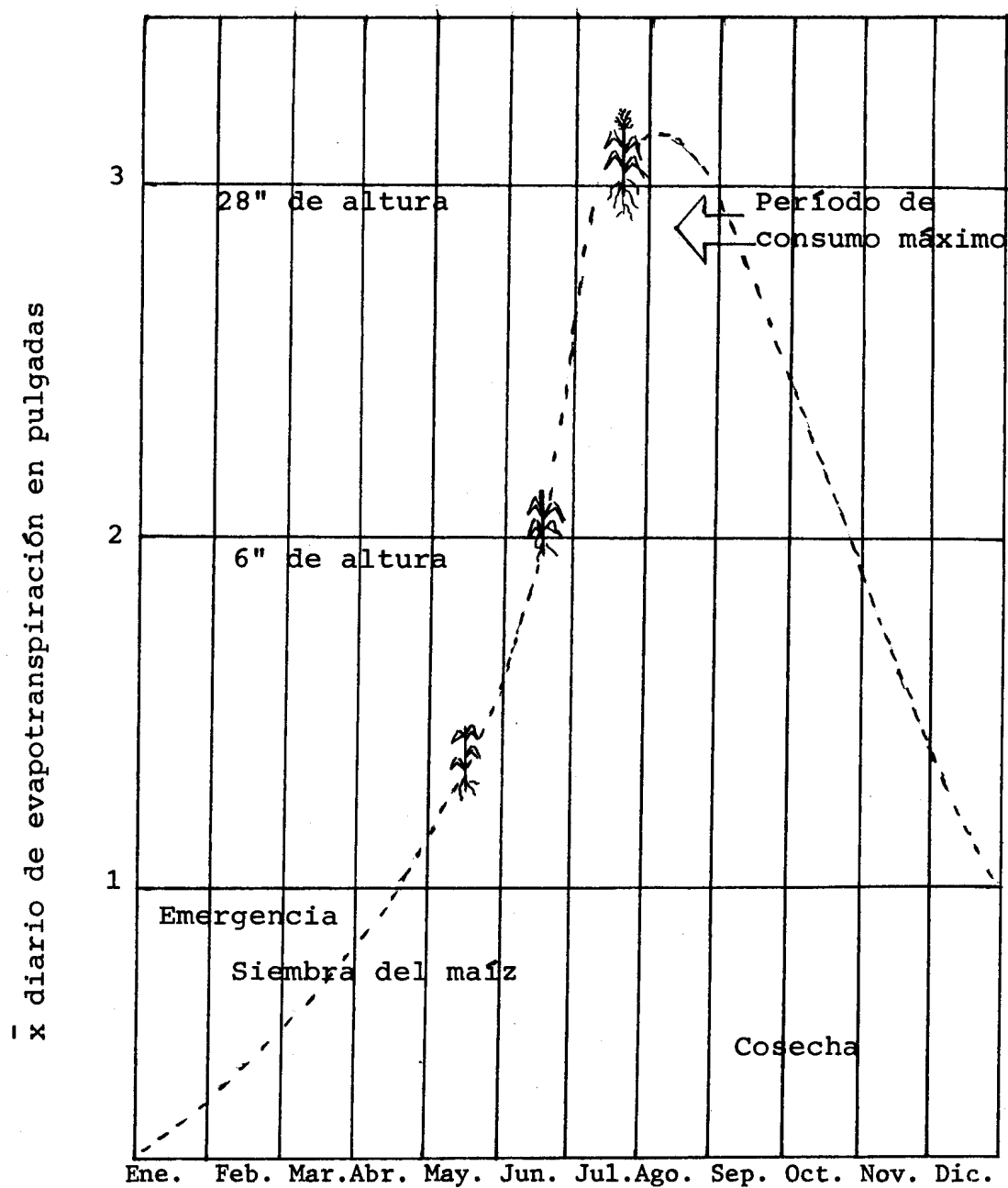
FION (5), menciona que la sequía influirá en el rendimiento de grano en maíz, dependiendo de su duración y la edad del cultivo. Así en los primeros 32 días después de la germinación, cuando las raíces no van más allá de los 32 cms., el efecto de la sequía es mínimo; pero a partir de los 35 días hasta la aparición de la espiga, que es cuando la planta logra su máxima altura y la mitad de su peso total, la deficiencia de agua afecta la producción hasta el 15%. El lapso comprendido entre la aparición de la espiga hasta la fecundación es el período de mayor demanda de agua. El cuadro 2 proporciona datos sobre la ne-

cesidad de agua del cultivo del maíz, para tres municipios de Jutiapa, coincidiendo que el mes de mayor demanda de humedad es Julio y coinciden cuando se establece el período de sequedad o canícula. La figura presenta el uso consuntivo del cultivo del maíz y la figura 2 presenta el promedio de precipitación pluvial de la distribución de lluvia para el municipio de Jutiapa.

Cuadro 2 Necesidad mensual de agua del cultivo del maíz de acuerdo a precipitación pluvial

LOCALIDADES	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
QUESADA	62.12	122.27	165.15	116.32
JALPATAGUA	70.20	130.00	162.91	175.08
ASUNCION MITA	72.32	139.36	175.07	171.52

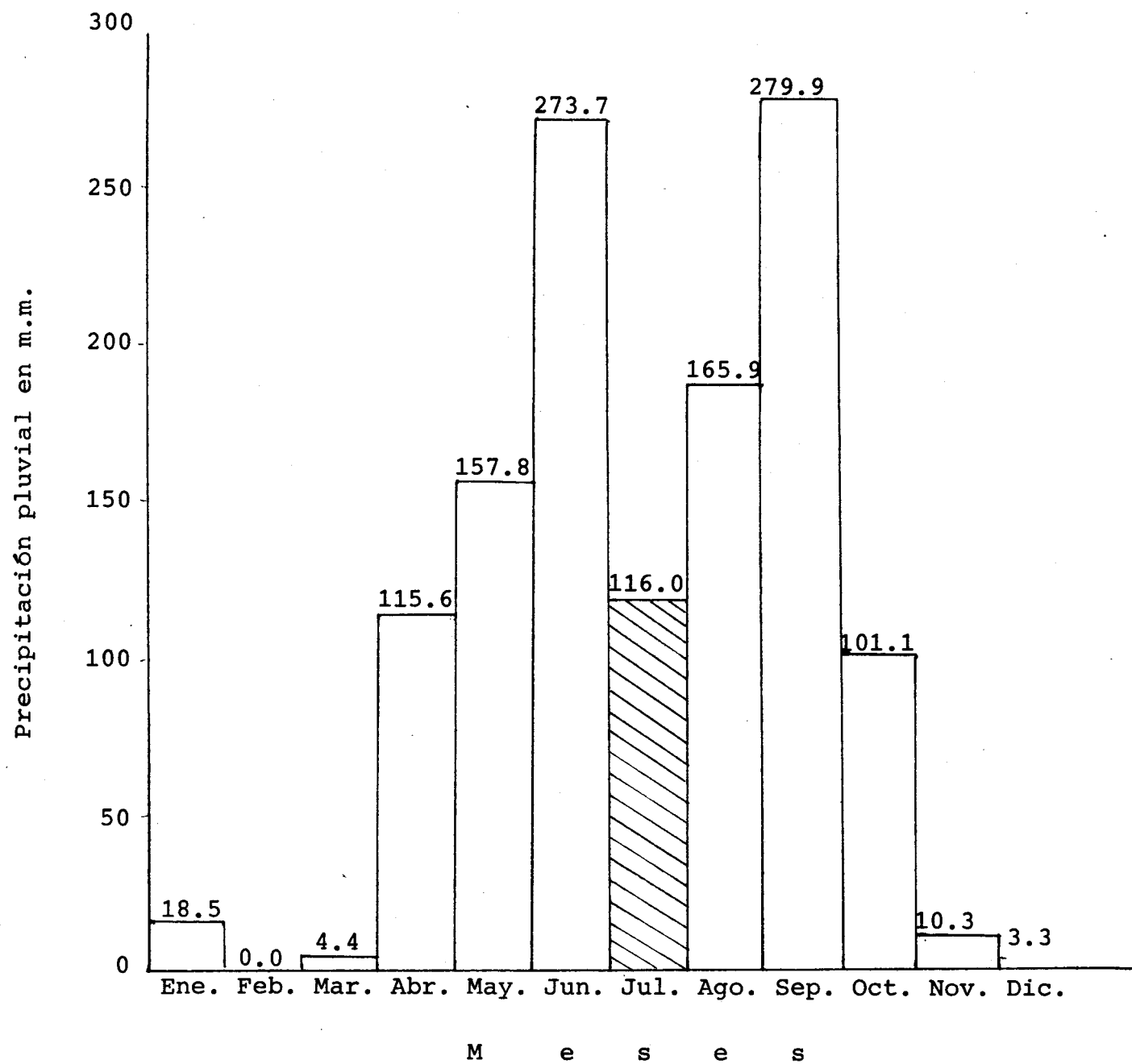
Fuente: Tesis de Grado, Fión L.A., 1979.-



M e s e s

Fuente: Relación suelo-planta-agua. Ing. de suelos 1972.

Gráfica 1 Uso consuntivo para el cultivo del maíz



Fuente: Boletines meteorológicos del Insivumeh

Gráfica 2 Promedio de precipitación pluvial en base a nueve años de registro de la distribución de lluvia en el municipio de Jutiapa.

5.4. Métodos de Selección:

- 5.4.1. Selección Masal: Consiste en escoger individuos con características fenotípicamente superiores. En este tipo de selección se conoce el progenitor hembra, ya que la fuente de polen no es controlada. La variación ambiental es minimizada mediante la estratificación de la parcela en pequeños sub-lotes, donde las condiciones ambientales del suelo y humedad principalmente, se suponen iguales para la población de esa unidad. (12)
- 5.4.2. Selección Mazorca por Hilera o de Medios Hermanos: " El concepto consiste en sembrar cada mazorca en un surco y seleccionar en base al comportamiento de cada surco o familia. Familias de medios hermanos son aquellas derivadas de los granos de una mazorca que se ha fecundado aleatoriamente con polen proveniente de otras plantas de la población. Todos los granos tendrán en común a la planta madre, y el progenitor masculino desconocido. La descomposición de la población en familias de medios hermanos permite evaluar en forma efectiva el 50% de la contribución genética de cada familia en base al comportamiento de su progenie en ensayos de rendimiento. En base a criterios de rendimiento y características agronómicas observadas en los ensayos de rendimiento, se seleccionan las mejores familias y dentro de las familias se seleccionan los mejores individuos" . (12)
- Este esquema de medios hermanos permite mantener la diversidad genética ya que genes de toda población tienen la oportunidad de recombinarse en cada ciclo a la vez que se puede dirigir la selección de las características deseables por medio del control de las progenies de las familias. (12)
- 5.4.3. Selección de Familias de Hermanos Completos: Son aquellas familias derivadas de granos provenientes de una mazorca que ha sido fecundada con polen de una sola planta. La progenie de esa mazorca constituye, por lo tanto, una familia de hermanos derivados de una misma madre y de un mismo padre. Esta selección es mas efectiva ya que existe un control de ambos progenitores en relación a la selección de medios hermanos. (12)

5.5. Polinización Libre:

En el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), las principales investigaciones en la producción de semillas de maíz, están orientadas a la obtención de variedades de polinización libre e híbridos; estos dos tipos de semillas ofrecen ventajas dependiendo del sistema de producción que se está empenado en la explotación del cultivo. (12)

La metodología que se emplea para la formación de variedades de polinización libre es de seleccionar y evaluar familias de poblaciones de reconocido potencial de rendimiento y alternar ciclos de recombinación de los materiales seleccionados y evaluados. (12)

6. METODOLOGIA

La metodología usada se explicará en forma detallada en los siguientes incisos:

6.1. Localización

El experimento se llevó a cabo en el Centro de Producción de Oriente, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), que se encuentra localizado en el kilómetro 118 de la carretera que conduce a San Cristobal Frontera, en la Aldea Río de la Virgen, en el municipio y departamento de Jutiapa.

6.2. Climatología

El cuadro 3 proporciona la descripción de la localización, altura sobre el nivel del mar, precipitación y temperatura, del sitio experimental.

Cuadro 3 Características climáticas del sitio experimental

LOCALIDAD	Latitud	Longitud	Altura	pp media	Temperatura		
	Norte	Oeste	MSNM	Anual	Max.	M.	Min.
JUTIAPA	14°16'	90°02'	900	1093	25	22	18

6.3. Suelos

De acuerdo a la clasificación de reconocimiento de suelos de Guatemala, realizado por Simons et al (1959), los suelos del sitio experimental corresponden a las series cuyas características se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4 Clasificación de reconocimiento y características de los suelos del sitio experimental.

LOCALIDAD	SERIE	COLOR	TEXTURA	FERTILIDAD	CAPACIDAD DE ABASTECIMIENTO HUMEDAD
JUTIAPA	CULMA	CAFE OSCURO	FRANCO ARCILLOSA	MODERADA	ALTA

En el sitio experimental se realizó un muestreo de suelos para determinar pH, P, K, Ca, Mg., y retención de humedad del suelo (capacidad de campo y punto de marchitez permanente). Los resultados de éstos análisis se presentan en los cuadros 5 y 6.

Cuadro 5 Características químicas del suelo del sitio experimental

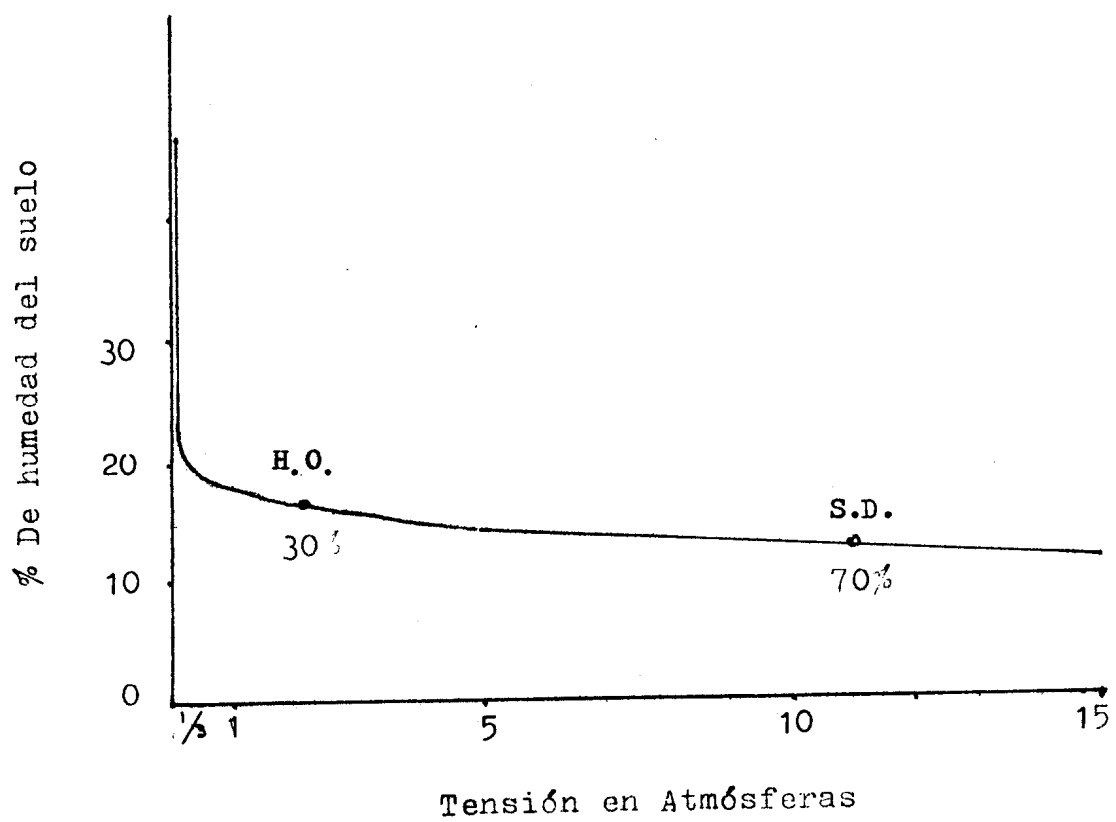
LOCALIDAD	MUESTRA	pH	Ug/ml		Meq/100 ml.	
			P	K	Ca	Mg
JUTIAPA	0 - 20	5.8	5.50	86	2.70	1.00
	20 - +	5.8	0.50	48	3.30	1.45

Cuadro 6 Retención de humedad del suelo del sitio experimental.

LOCALIDAD	TENSION EN ATMOSFERAS			
	1/3	1	5	15
JUTIAPA	18.17	16.43	14.03	12.15

6.4. Humedad Optima

Se proporcionó al no permitir que el porcentaje de humedad del suelo, sobrepasara el 30% de la curva de retención de humedad entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente.



Gráfica 3 Curva de retención de humedad del suelo del sitio experimental

La humedad del suelo se controló al extraer las muestras del suelo y secarse al horno.

6.5. Sequía Drástica

Se obtuvo cuando el abatimiento de la curva de retención de humedad llegó a un 70% del rango entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente. En este punto se efectuó riego ya que se pretendió proporcionarle sequía a las plantas sin que éstas sufran daños severos por lo cual no puedan producir grano.

6.6. Material Genético

Se utilizaron 132 familias de la población ICTA B-7 que es una variedad de polinización libre, de grano dentado cuyo origen es de tres materiales diferentes: La población Tuxpeño; variedades criollas de Guatemala y el Salvador de polinización libre, provenientes de zonas en donde la sequía influye en el rendimiento de los cultivos; material desarrollado en la estación experimental ICTA Jutiapa, bajo condiciones de severa sequía. Para llegar a formar este material se utilizó el método de selección recurrente interpoblacional de familias en medios hermanos y hermanos completos.

6.7. Análisis Estadístico

Las 132 entradas evaluadas se montaron en un diseño de campo de Látxice Simple incompleto o parcialmente balanceado de 12 x 11, dos repeticiones y dos ambientes diferentes de humedad.

6.7.1. Modelo Estadístico

$$Y_{ijk} = U + RK + Ti + B_j (RK) + e_{ijk}$$

i	=	Tratamientos
j	=	Bloque incompleto
k	=	ésima repetición
y	=	valor observado en la parcela ijk
U	=	Efecto medio
RK	=	Efecto de repetición en K
Ti	=	Efecto de tratamiento
Bj	=	Efecto de bloqueo incompleto j de la repetición K

6.7.2. Análisis de Varianza

El análisis de varianza utilizado fue de acuerdo al cuadro 7.

Cuadro 7 Análisis de varianza para un látice simple o parcialmente balanceado

FUENTES DE VARIACION	g.l.
Repeticiones	$r - 1$
Bloques	$r (k - 1)$
Tratamientos	$t - 1$
Error intrabloque	$r (t - k) - t + 1$
T O T A L	$tr - 1$

r = repeticiones
 k = Número de bloques
 t = tratamientos

6.7.3. Análisis de Medias

Se utilizó para hacer comparaciones de medias de rendimiento de grano de los tratamientos evaluados, debido a que el análisis de varianza demostró diferencias estadísticas significativas. La prueba utilizada fue la comparación múltiple de t .

$$DMS = t (G.L. \text{ del error })^2 S^2 / n$$

$t (G.L. \text{ del error })$ = se obtiene con el nivel de significancia y el número de grados de libertad del error.

S^2 = Varianza o cuadrado medio del error experimental.

n = Número de repetición o número de valores necesarios para calcular los promedios de estudio.

6.7.4. Análisis de Correlación y Regresión

Se utilizó para correlacionar calificación a sequía y el índice de pérdida de rendimiento de grano de los materiales evaluados. Para determinar los coeficientes se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$\begin{aligned}
 r^2 &= (\sum xy)^2 / \sum x^2 \sum y^2 \\
 b &= \sum xy / \sum x^2 \\
 a &= \bar{y} - by \\
 \bar{y} &= -a + bx \quad \text{Ecuación de regresión}
 \end{aligned}$$

en dónde:

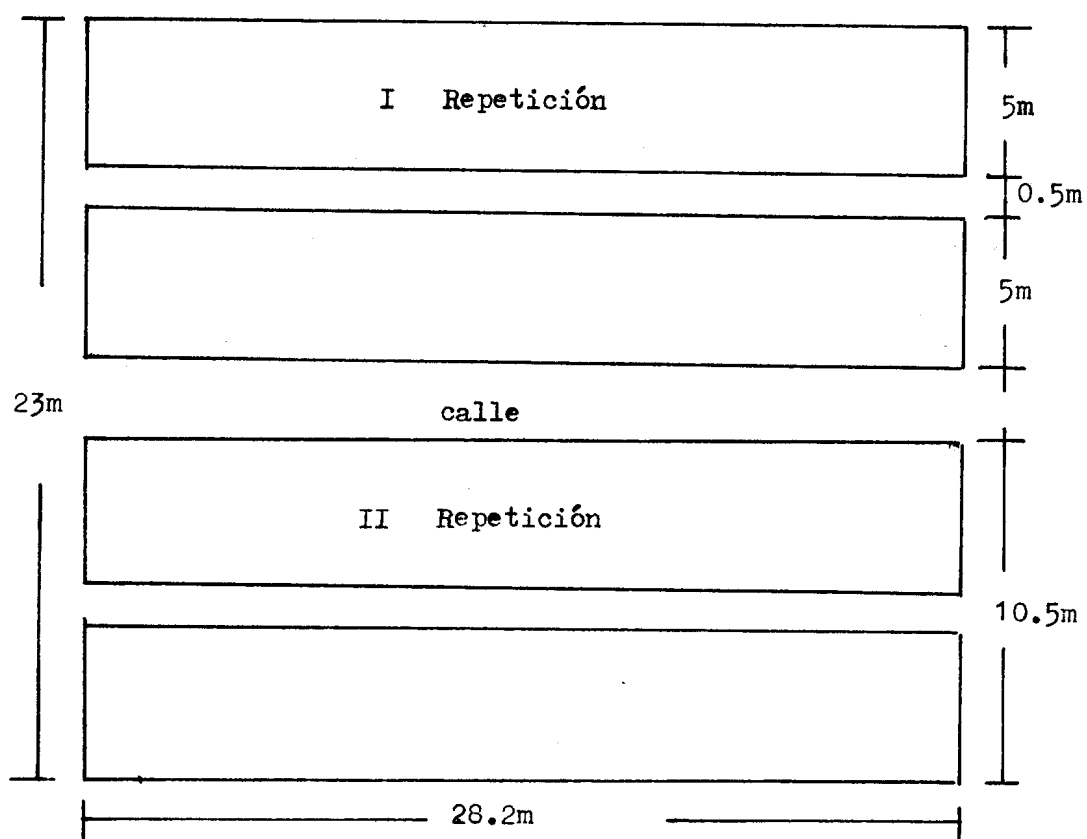
- r = Coeficiente de correlación
- b = Coeficiente de regresión
- a = Intercepto
- x = Calificación a sequía
- y = % de índice de pérdida de rendimiento de grano.

El índice de pérdida de rendimiento de grano se determinó así:

$$y = \frac{\text{Rend. en Humedad} - \text{Rend. en sequía}}{\text{Rend. en Humedad}} \times 100$$

6.7.5. Diseño de Campo

La gráfica 3, muestra las medidas y distribución de las repeticiones para cada uno de los ambientes evaluados (Humedad óptima y Sequía drástica), del experimento.



Gráfica 4 Plano de campo, bajo el cual fueron sembrados los tratamientos evaluados.

6.8. Manejo

6.8.1. Preparación de Tierra

La actividad consistió en arado de discos, dos pasadas de rastra, surqueado a 0.80 mts.

6.8.2. Siembra

Se utilizó una distancia de 0.80 mts entre surcos y 0.50 mts. entre plantas, aplicandose 3 semillas por postura para ralear posteriormente a dos plantas. (cada parcela consistió en un surco de 5.5 mts. de longitud y 0.80 mts. de ancho.

6.8.3. Fertilización

Nitrógeno:

Se aplicaron 50 Kg/Ha al momento de la siembra, 25 Kg/Ha 15 días después de la siembra y 25 Kg/Ha 45 días después de la siembra.

Fósforo

Se aplicaron 50 Kg/Ha al momento de la siembra

6.8.4. Control de Plagas y enfermedades

Al momento de la siembra se aplicó Volatón granulado a razón de 52 Kg/Mz en forma confinada con la semilla, con el objeto de controlar plagas del suelo. Se realizaron dos limpiezas: la primera, 15 días y la segunda 45 días después de la siembra.

Para el control de Tortuguilla (Diabrotica sp.), gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), gusano nochera (Agrotis sp.), se efectuaron 3 aplicaciones de Lannate a razón de 1 lt./Ha. distribuidas así: La primera aplicación se realizó a los 15 días después de la siembra y las restantes a intervalos de 5 días. A los 35 y 45 días después de la siembra se aplicó Volatón granulado a razón de 10 Kg/Ha. aplicandose al cogollo.

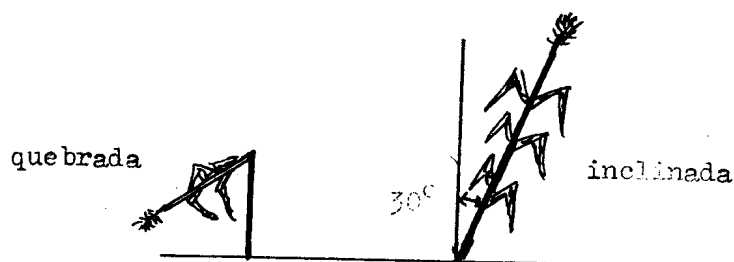
6.8.5. Cosecha

Esta actividad se realizó a los 120 días después de la siembra, determinandose inmediatamente la humedad del grano y poderse así estimar posteriormente los rendimientos en kilogramos por hectarea, en base a humedad uniforme del 15%.

6.8.6. Características Agronómicas

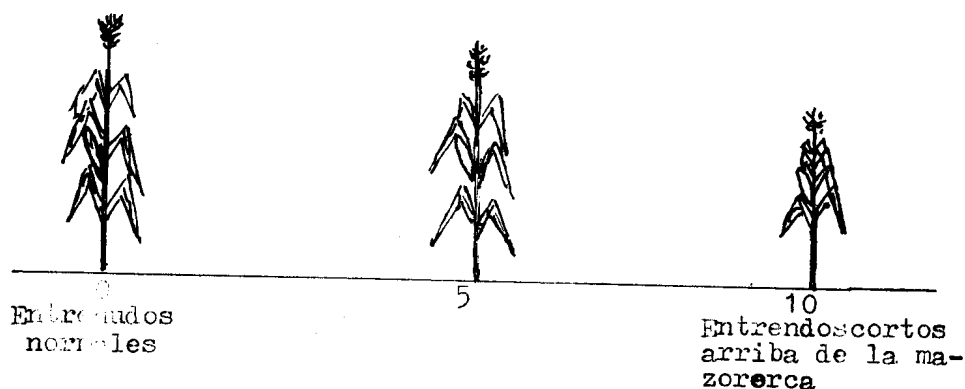
Se tomaron datos sobre las principales características agronómicas.

- 6.8.6.1. **Días a Flor:** Se obtuvo cuando el 50% de los estigmas de cada familia había aparecido.
- 6.8.6.2. **Altura de Planta y Mazorca:** Se tomó la distancia del nivel del suelo hasta la última hoja (hoja bandera) para la altura de planta y hasta el entrenudo que sostiene la mazorca principal para altura de mazorca
- 6.8.6.3. **Acame de Raíz y Tallo:** Se registró el número de plantas acamadas, dos semanas antes de la cosecha, tanto quebradas abajo de la mazorca o con inclinación mayor de 30° de la vertical.



Gráfica 5 Acame de tallo y raíz

- 6.8.6.4. **Mazorcas Podridas:** Se realizó un conteo de mazorcas que resultaron podridas en los surcos al momento de la cosecha.
- 6.8.6.5. **Mazorcas Descubiertas:** Se registraron las mazorcas que se encontraron descubiertas en cada una de las parcelas experimentales.
- 6.8.6.6. **Peso de Campo:** Al momento de la cosecha se pesaron las mazorcas de las parcelas en kilogramos.
- 6.8.6.7. **Calificación a Sequía:** Se efectuaron registros del daño que sufrieron los materiales experimentales, los cuales se llevaron a cabo en una escala de 0 a 10, en dónde: 0= sin daño y 10= dañadas completamente.



Gráfica 6 Calificación a sequía

7. RESULTADOS

7.1. Análisis de Rendimientos

En base a los resultados obtenidos, se calcularon los rendimientos de grano para los dos ambientes contrastantes de humedad.

El cuadro 8, muestra la familia que presentó mayor rendimiento 7445 Kg/Ha. y la de menor rendimiento 3893 Kg/Ha, para el ambiente de Humedad Optima. Para el ambiente de Sequía Drástica la familia que presentó mayor rendimiento fue de 5702 Kg/Ha, y la de menor rendimiento 1111 Kg/Ha. Existiendo un rango de rendimiento respectivamente para los dos ambientes de 3552 y 4591 Kg/Ha, lo que mostró una amplia variabilidad genética de las familias evaluadas, esto muestra a la vez la pérdida por efecto de sequía al relacionar el promedio de rendimiento de grano del ambiente de sequía drástica con el de humedad óptima, el cual se encontró en un orden de 49%.

7.2. Análisis de Varianza

El cuadro 9, resume los principales estadísticos del análisis efectuado para cada uno de los dos ambientes (humedad óptima y sequía drástica). La fuente de variación para los tratamientos fue altamente significativa, la cual está acorde con los amplios rangos de rendimiento como lo muestra el cuadro 8. El análisis estadístico se efectuó como Látxice Simple parcialmente Balanceado y Bloques al Azar, la cual sugirió una buena selección del diseño de campo utilizado, resultando una eficiencia de 138 y 170% para humedad óptima y sequía drástica respectivamente.

Cuadro 8 Medias de rendimiento de grano al 15% de humedad de familias evaluadas en dos de humedad, Jutiapa, Guatemala, 1981.-

FAMILIAS	R E N D I M I E N T O			
	Humedad Optima		Sequía Drástica	
	Kg/Ha	qqS/Mz	Kg/Ha	qqS/Mz
55	7445	115	3472	53
115	7253	112	3424	53
118	7226	111	4642	71
51	7115	110	3320	51
113	6995	107	4574	70
103	6777	104	4280	66
82	6576	101	3442	53
88	6543	101	3695	57
117	6505	100	5291	81
16	6457	99	3715	57
108	6454	99	3557	55
110	6436	99	4984	77
65	6420	99	4800	74
112	6321	97	3511	54
129	6374	97	3302	51
56	6262	96	3707	57
39	6175	95	3493	54
40	6172	95	3302	51
96	5200	80	1111	17
120	4872	75	5702	88
76	4602	71	2198	34
100	4486	69	3601	55
5	4475	69	1829	28
68	4424	68	2480	38
81	4422	68	1700	26
128	4391	68	3172	49
62	4385	67	3998	62
64	4000	62	2832	44
8	3965	61	1910	29
58	3893	60	3518	54

Cuadro 9 Resumen del análisis estadístico efectuado en las familias de la población ICTA B-7, evaluadas en dos ambientes diferentes de humedad, Jutiapa, Guatemala, 1981.

ESTADISTICOS	A M B I E N T E S	
	HUMEDAD OPTIMA	SEQUIA DRASTICA
F. TRATAMIENTOS	1.39 ++	1.34 ++
EFICIENCIA LAT./B.A.	138	170
D M S	1774	2295
C. V. %	15.40	39.70
$\bar{x}$	5829	2876

Eficiencia de Lat./ B.A. = CME Bloques al Azar/ CME Láti-
ce X 100

CME = Cuadrado medio de Error

DMS = Diferencia mínima significativa en Kg/Ha.

CV% = Coeficiente de variación en porcentaje

+ + = Altamente significativa al 5%

$\bar{x}$ = Promedio de rendimiento en Kg/Ha.

7.3. Análisis de Correlación y Regresión

La gráfica 4, muestra la línea de regresión y la correlación entre el índice de pérdida de rendimiento de grano y calificación a sequía. Este análisis estadístico estratificó cuatro tipos de materiales, cada tipo por cada uno de los cuadrantes de la gráfica en la forma siguiente:

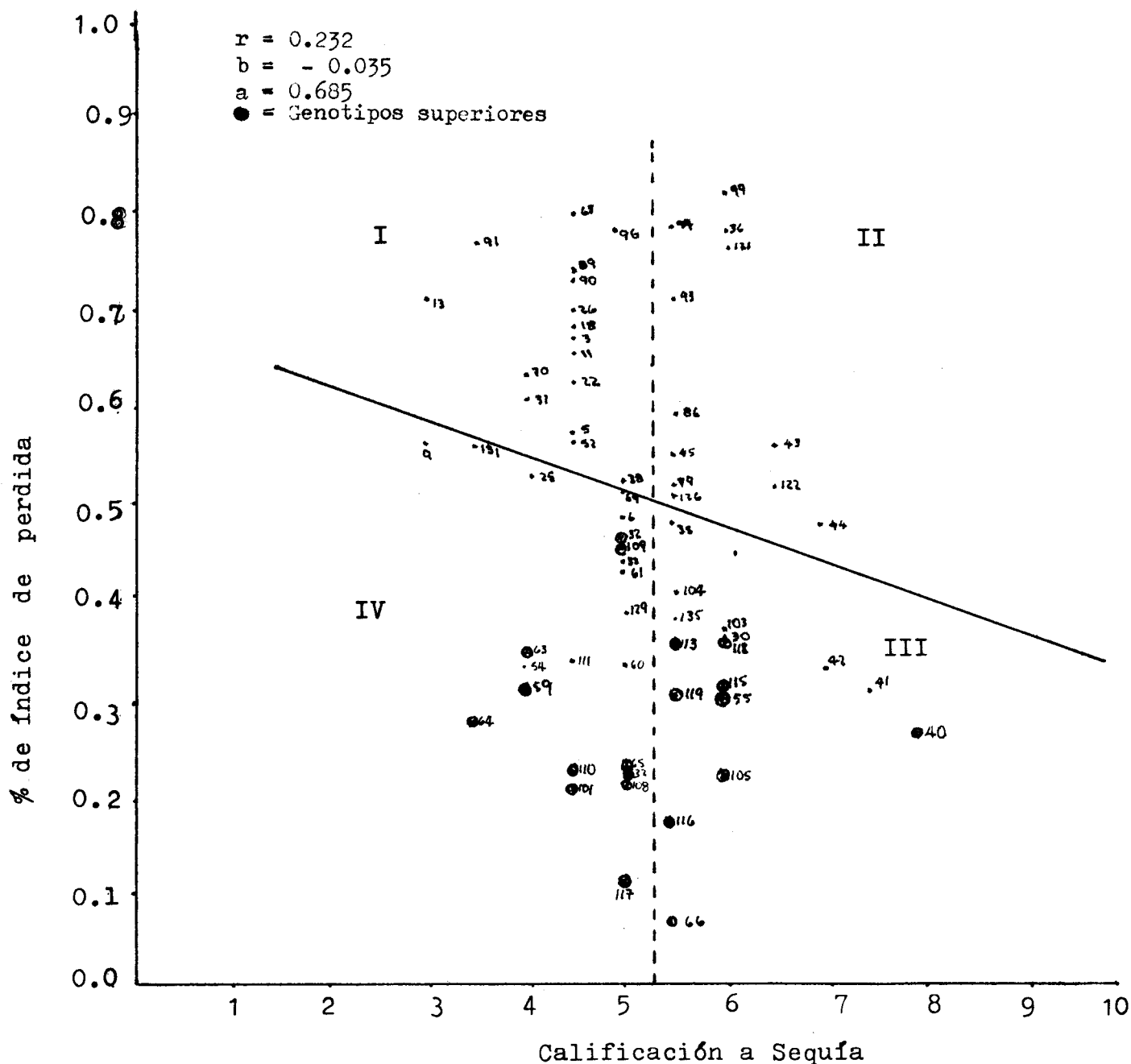
- Cuadrante I Familias con Tolerancia Aparente, presentan baja calificación a sequía y pérdidas de rendimiento de grano.
- Cuadrante II Familias Suceptibles, presentaron mayor daño a sequía y mayores pérdidas de rendimiento de grano.
- Cuadrante III Familias Tolerantes, presentaron daños a sequía y bajas pérdidas de rendimiento de grano.
- Cuadrante IV Familias Resistentes, presentaron resistencia a sequía y bajas pérdidas de rendimiento de grano.

Con el objeto de realizar selección de genotipos superiores, se buscaron aquellas familias que se encuentran en el cuadrante que presenta resistencia a sequía y menor índice de pérdidas de rendimiento de grano, éstos se muestran en el cuadrante III y IV.

7.4. Análisis de Características Agronómicas

Se clasificaron las familias de acuerdo a rendimiento de grano, mazorcas podridas, mazorcas descubiertas, acame de raíz y tallo. El análisis en base a DMS muestra las familias que estadísticamente son iguales en base a rendimiento, al compararse con el análisis de correlación y regresión, se encontraron familias que presentaron resistencia y/o tolerancia a sequía, tal como lo muestra la figura 6 en sus cuadrantes III y IV.

Considerando el mejoramiento de poblaciones de maíz para tolerancia a sequía, es mejor la familia 66 que la familia 9, ya que la primera tiene índices más bajos de pérdida de grano al ser afectados por sequía, por lo tanto, para seleccionar las familias que van a dar origen a la variedad experimental debe hacerse en base a las familias que presenten índices menores de pérdidas de cosecha bajo una presión de selección al 8%, involucrando las características agronómicas evaluadas.



** = altamente significativo al 1% de significancia

Gráfica 7 Línea de regresión y la correlación entre el porcentaje de índice de pérdida de grano y calificación a sequía

Cuadro 11.

Diferencial de rendimiento y características agronómicas de familias de la población ICTA B-7 seleccionadas bajo condiciones drásticas de sequía y humedad óptima .Jutiapa, Guatemala, 1981

Variables	Familia	64	63	108	101	55	118	40	109	32	119	×	Dif
Rendimiento Kg/Ha													
Humedad		4000	6007	6454	5546	7445	7226	6172	6124	6106	5844	6092	2317
Sequía		2832	3979	3557	4382	3472	4642	3302	2376	3235	4067	3775	
DIAS A FLOR:													
Humedad		72	70	75	75	71	70	72	71	71	70	72	2
Sequía		71	69	71	73	70	70	69	71	71	69	70	
ALTURA DE PLANTA Cm.													
Humedad		168	155	153	158	150	155	146	153	148	150	154	27
Sequía		130	120	130	140	115	135	110	143	120	123	127	
MAZORCA PODRIDA													
Humedad		5	8	3	6	5	5	8	5	8	5	6	3%
Sequía		9	14	12	7	12	10	7	3	10	9	9	
MAZORCA DESCUBIERTA													
Humedad		9	3	3	0	2	0	0	0	0	0	1.7	0.2%
Sequía		0	3	3	0	0	3	0	3	3	0	1.5	
ACAME													
Humedad		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sequía		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CALIFICACION SEQUIA		5.5	5.5	5.5	5	4	4	4.5	6	4	4.5	4.9	

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 9.1. Se encontró que por cada unidad incrementada en calificación a sequía existió un 9.6% de disminución en el rendimiento.
- 9.2. Se identificaron 11 familias resistentes y 9 tolerantes a sequía, las cuales constituyeron el siguiente ciclo de selección de medios hermanos.
- 9.3. La metodología de evaluar los materiales tolerantes a sequía bajo condiciones de humedad dirigida es una buena alternativa, pues en los últimos 3 años no se ha presentado sequía drástica lo cual enmascara la selección de los genotipos.
- 9.4. La diferencia de los rendimientos de grano para los ambientes evaluados sugieren que debe ponerse énfasis en la selección del desarrollo de variedades tolerantes a sequía ya que el rendimiento disminuyó en un 40% bajo condiciones de sequía severa con respecto a los rendimientos de humedad óptima.

1 . BIBLIOGRAFIA

1. CABALLERO A.,W. Introducción a la estadística. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975. pp. 255-268.
2. CORDOVA,H., y POEY, F. Evaluación de la población ICTA B-1 C5, bajo condiciones de sequía drástica. Informe Programa de Maíz. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 1976. pp 69-75.
3. ENSAYO UNIFORME de maíz s.d.e. 6 p
4. ESTADOS UNIDOS, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS. Relación entre suelo-planta-agua. Traducción de Emilio Avila de la Torre. México, Diana, 1976. 99pp. (Colección Ingeniería de Suelos).
5. FION,D.A. Análisis de precipitación pluvial en tres municipios de Jutiapa, para la determinación de épocas de siembra en maíz (Zea Mays L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1980. 41p.
6. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. Informe Anual 1975-1976, Programa de Producción de Maíz. Guatemala, 1976. pp 28-50.
7. ----- Informe Anual 1977-1978. Guatemala, 1978. pp 6-21.
8. HOLDRIGE, L.R. Zonificación ecológica de Guatemala según sus formaciones vegetales. Guatemala, SCIDA,1958. 19p.
9. OZAENA, M. y CORDOVA, H. Evaluación y selección de materiales resistentes a sequía. Diferentes criterios de selección II. Híbridos Precoces. IN Reunión del Programa Cooperativo Centro Americano para el mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 24a. San Salvador, El Salvador, Julio 1978. pp M18/1 - M18/7.
10. PAUL T.,I. Evaluación de variedades e híbridos precoces de maíz (Zea mays L.) seleccionados bajo condiciones limitadas de humedad. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. 57p.-
11. PEDOMO, R. Resumen de notas de teoría de edafología I, Física de Suelos. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía / Instituto Geográfico Nacional, 1970. 49p.

12. POEY, F. et al. Conceptos teóricos que respaldan los programas de mejoramiento de maíz. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, s.f. pp 64-66.
13. REYES C., P. Diseño de experimentos aplicados. México, Trillas, 1980 . pp 104-106.
14. SOTO, G.J. Análisis de precipitación pluvial para los cultivos de maíz y frijol en siembras de primera en Quesada, Jutiapa. Informe de Monografía. Jutiapa, Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 1977. 20p.



Vo Bo.
Olga Ramirez S

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

"IMPRIMASE"

DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
D E C A N O



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis