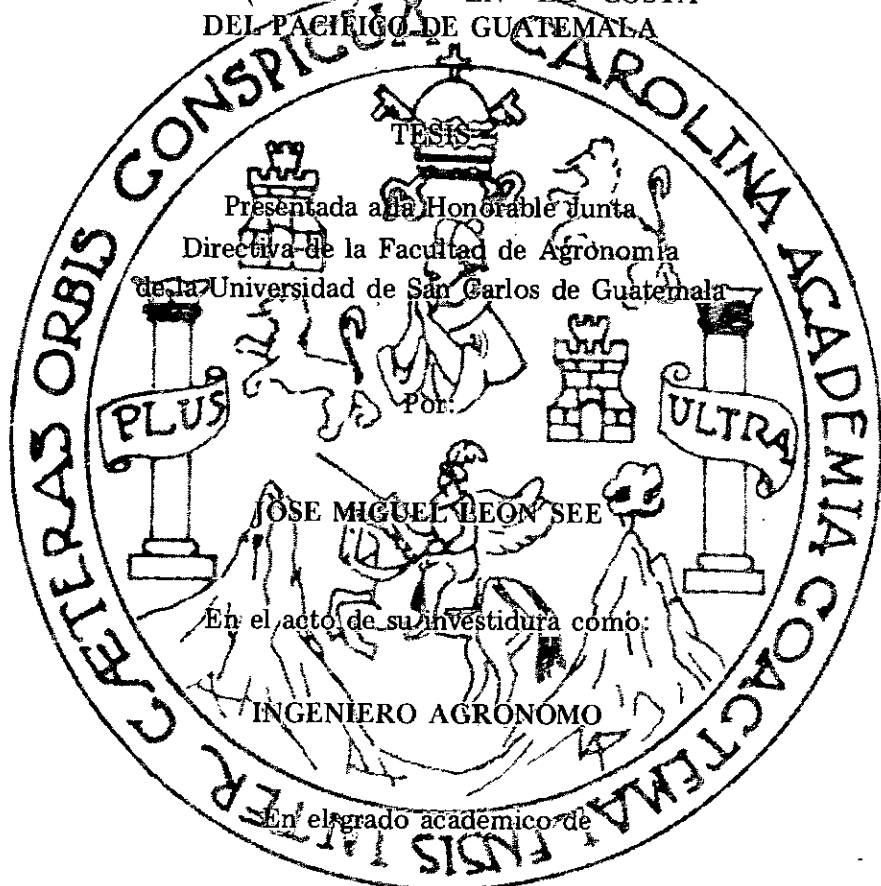


TESIS DE REFERENCIA

NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SEGUNDA FASE EN LA EVALUACION DE
VARIEDADES E HIBRIDOS BLANCOS DE
MAIZ (*Zea mays L.*) EN LA COSTA
DEL PACIFICO DE GUATEMALA



LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Enero de 1980.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

DL
01
T(953)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
RECTOR
LIC. SAUL OSORIO PAZ

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE AGRONOMIA

Decano	Dr . Antonio Sandoval
Vocal 1o.	Ing. Agr. Orlando Arjona
Vocal 2o.	Ing. Agr. Salvador Castillo
Vocal 3o.	Ing. Agr. Rudy Villatoro
Vocal 4o.	P. Agr. Efraín Medina
Vocal 5o.	Prof. Edgar Franco
Secretario	Ing. Agr. Carlos Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano (a.i.)	Ing. Agr. Salvador Castillo
Examinador	Ing. Agr. Mario Molina
Examinador	Ing. Agr. Salvador Sánchez
Examinador	Ing. Agr. Rufino Quan
Secretario	Ing. Agr. Oswaldo Porres



Noviembre 27, 1979

Sr. Decano de la Facultad de Agronomía
Dr. Antonio Sandoval
Universidad de San Carlos
Su despacho

Señor Decano:

Tengo a bien dirigirme a usted para hacer de su conocimiento que he ofrecido asesoría al universitario, José Miguel León See, para la elaboración de su tesis de grado titulada, "SEGUNDA FASE EN LA EVALUACION DE VARIEDADES E HIBRIDOS BLANCOS DE MAIZ (ZEA MAYS L.) EN LA COSTA DEL PACIFICO DE GUATEMALA."

Concluida la asesoría informo al señor Decano, que considero el presente trabajo una buena contribución al impulso de la producción de maíz en la costa del pacífico de Guatemala, por tanto solicito a usted sea aprobada como tesis de grado.

Atentamente,



Hugo S. Córdova

GENETISTA PROGRAMA DE MAIZ
Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas



HC/evc
cc: Archivo

Guatemala, enero de 1980

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador.

En cumplimiento a lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "SEGUNDA FASE EN LA EVALUACION DE VARIEDADES E HIBRIDOS BLANCOS DE MAIZ (Zea mays L.) EN LA COSTA DEL PACIFICO DE GUATEMALA", como último requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

En espera que el presente trabajo merezca vuestra aprobación, me es trato suscribirme muy respetuosamente,

José Miguel León See.

DEDICO ESTE ACTO

A: DIOS COMO PODER SUPREMO

A: TODOS LOS MIEMBROS DE MI FAMILIA

A: MIS MAESTROS

A: LOS AMIGOS

TESIS QUE DEDICO

A la Facultad de Agronomía

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Agr. Hugo Salvador Córdova Orellana, por su valiosa contribución y orientación en el desarrollo de este trabajo.

Al Programa de maíz de ICTA

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, por haberme permitido realizar este trabajo.

C O N T E N I D O

1. INTRODUCCION
2. REVISION DE LITERATURA
 - 2.1 Estudio sobre parámetros de estabilidad.
 - 2.2 Antecedentes sobre la utilización del análisis de estabilidad en el cultivo del maíz.
3. MATERIALES Y METODOS
 - 3.1 Material biológico
 - 3.2 Localización de los sitios experimentales
 - 3.3 Manejo del cultivo
 - 3.4 Variables estudiadas
 - 3.5 Diseño experimental
 - 3.6 Análisis estadístico
 - 3.7 Parámetros de estabilidad
 - 3.8 Comparación múltiple de medias
4. RESULTADOS Y DISCUSION
 - 4.1 Análisis de estabilidad y rendimiento
 - 4.2 Análisis de regresión para medir estabilidad
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
6. RESUMEN
7. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCION

La costa del pacífico de Guatemala se caracteriza por poseer un elevado potencial de rendimiento para la producción de maíz principalmente en sus tres parcelamientos: La Nueva Concepción, La Máquina y La Blanca, en los cuales se cultivan aproximadamente 38,500 hectáreas de maíz con una producción promedio de 1.62 ton/Ha.

Lo antes mencionado señala la importancia del cultivo de este cereal. Sin embargo existen diferencias de suelo, clima y manejo entre los diferentes parcelamientos y como consecuencia de estas limitaciones en la producción, se hace necesario buscar soluciones inmediatas.

Dichos limitantes en forma general se resumen en los siguientes: En primer lugar la utilización de materiales criollos muy altos aumentando el índice de acame; por otro lado el uso de semillas de generaciones avanzadas de híbridos; además el conjunto de prácticas tradicionales del agricultor en cuanto a control de plagas, malezas, densidad de siembra, etc. conlleva a que dichos rendimientos se vean afectados.

El programa de maíz de ICTA durante los últimos tres años a venido desarrollando nuevos materiales cuyas características agronómicas permiten mayor seguridad para su uso, así como también un mayor potencial de rendimiento de éstos aumentando en esta forma su aceptibilidad por parte de los agricultores.

Para lograr la introducción de híbridos y variedades mejorados es necesario evaluarlos en varias localidades representativas para luego inferir sobre el potencial de rendimiento y estabilidad de ellas.

Por otra parte la evaluación aislada de un solo año no permite hacer inferencias del comportamiento de estas variedades bajo otras condiciones climáticas, por lo tanto es

necesario muestrear condiciones experimentadas en diferentes años para poder definir claramente esta otra componente de la interacción Genotipo-Ambiente.

Objetivo: identificar las variedades con buen potencial de rendimiento y características agronómicas deseables que interaccionen positivamente en las diferentes condiciones ambientales de la región, para ser utilizados potencialmente en forma comercial.

Para el logro de este objetivo se plantea la siguiente hipótesis:

Los materiales en estudio manifiestan diferente respuesta en los ambientes evaluados.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Estudios sobre parámetros de Estabilidad:

Shank y Adams (1960), citados por Mejía (1971), encontraron en híbridos con el mismo grado de heterocigocidad, diferencias en su estabilidad descartando a la heterocigocidad como causa única para explicar la homeostasis.

Sprague y Jenkins (1943) y Allard (1961) coinciden en que la mayor diversidad genética (cruzas múltiples en raíz, por ejemplo) dota a las poblaciones de mayor estabilidad que las hace idóneas para utilizarse también en ambientes desfavorables.

Rowe y Andrews (1964) estudiaron la estabilidad de seis poblaciones de maíz representativas de cuatro grados de heterocigocidad: líneas endogámicas (0o/o), F_3 y RC_2 (25o/o), F_2 y RC_1 (50o/o) y F_1 (100o/o). Para el carácter rendimiento, tomando asociado a la componente de varianza entre ambientes como criterio (σ^2), encontraron asociado un mayor grado de heterocigocidad con mayores tamaños de σ^2 , o sea con una menor estabilidad. En relación a la diversidad genética, los autores encontraron "Sorpresivo" que las poblaciones F_2 , F_3 , y RC_1 y RC_2 (heterogéneas) no fueran más estables que la del grupo de Líneas (homogéneas) añadiendo que las F_1 deberían haber sido también más estables que las líneas. Con respecto a la componente σ^2_{VE} no hubo una asociación clara con el nivel de heterocigocidad, presentándose descendientemente su tamaño como sigue:

Líneas F_1 RC_1 , F_3 FC_2 y F_2 o sea que las líneas y las F_1 interaccionaron más con los ambientes. En el análisis de regresión de cada grupo sobre los ambientes, de acuerdo al método de Finlay y Wilkison (1963), los mayores cuadrados

medios para las desviaciones de regresión correspondieron también a las líneas y a las F_1 , mientras que los coeficientes de regresión aumentaron con un mayor grado de heterocigocidad.

Eberhart y Russell (1969) postulan que aunque la estabilidad de una craza 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 cruza simples genéticamente estables de mayor rendimiento que las cruza dobles. En su investigación encontraron dichas cruza simples tan estables como cualquier craza doble, sugiriendo que, puesto que las cruza simples difieren en su habilidad de respuesta a condiciones ambientales más favorables, la suma cuadrada 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 genética.

Martínez et al (1970) estudiaron la estabilidad de dos variedades de maíz y sus progenies F_1 , F_2 y F_4 . La mayor adaptabilidad fue mostrada por la F_1 y la menor por la F_4 , sugiriendo los autores el uso de poblaciones heterocigóticas y heterogéneas para reducir el valor de la interacción genotipo-ambiente.

Carballo y Márquez (1970), en su trabajo sobre estimación de parámetro de estabilidad en variedades de maíz hacen notar que el grupo de variedades de alto rendimiento los coeficientes B no difieren mucho de 1 o sean superiores a ésta; en tanto que en grupo de bajo rendimiento los coeficientes B no defieren de 1 o son inferiores a este valor. Con respecto al parámetro S_d^2 , en el grupo bajo 9 de 16 estimaciones (56o/o) son estadísticamente significativas, mientras que el grupo alto son 5 de 16 (31o/o). Con esta premisa estimaron los coeficientes de correlación posible entre las medias de rendimiento y los parámetros B Y S_d^2 . En las diferentes agrupaciones de las variedades solo dos coeficientes resultaron

significativos (y negativos) entre B y S_d^2 para las variedades sembradas bajo temporal. Sin embargo, la tendencia general fue la asociación de altos rendimientos con altos valores de B , y la asociación negativa del rendimiento de B con S_d^2 .

Reich y Atkins (1970) estudiaron en sorgo el comportamiento de líneas y de híbridos, y de mezcla de pares de líneas y de híbridos en 9 ambientes durante dos años. Sus resultados indicaron mayor "estabilidad", según la definición de Eberhart y Russell (1966), en las mezclas de híbridos ($B = 0.96$), los 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 las líneas fueron las poblaciones más "estables" de los estudiados.

Mejía (1971) evaluó 5 mestizos del tipo línea X H-28 y al híbrido H-20 en 10 ambientes, resultantes de combinar varias Localidades durante 3 años. En sus resultados se ve que la asociación sugerida por Carballo y Márquez (1970) entre media y coeficientes B , también está presente, si bien no se estimó la correlación estadística.

Jowett (1972) estimó en sorgo de grano los parámetros de estabilidad en líneas cruza simples 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 Eberhart y Russell (1966), una realidad tuvo mayor estabilidad en las líneas ($B=0.81$) y menor en los dos tipos de híbridos ($B=1.09$ para las cruza y de 3 líneas y $B=1.1$ para las cruza simples).

Baihaki *et al* (1976) evaluaron 44 líneas y 4 cultivos de soya durante 3 años en dos localidades. De la interacción genotipo x ambiente total, aproximadamente el 50o/o, 25o/o y 25o/o, fueron contribuidos por los grupos de bajo, medio y alto rendimiento, respectivamente. En relación al coeficiente de regresión B, al 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 fue significativamente superior a 1, mientras que para el grupo bajo fue significativamente inferior a 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". Como también en este trabajo el concepto "estable" es el original de Eberhart y Russell (1966), de acuerdo con las aclaraciones que hemos hecho sobre el concepto, en realidad el grupo medio resultó sensible y el grupo bajo subsensible o el más estable.

2.2 Antecedentes sobre la utilización del análisis de estabilidad en el cultivo de Maíz:

Salguero (1977) evaluó 10 variedades de híbridos de maíz en 11 ambientes en el sur-oriente de Guatemala encontrando variedades estables ($B_i=1$) ($S_{di}^2=0$) los cuales tuvieron también altos rendimientos aún bajo condiciones de humedad limitada.

Dávila *et al* (1978), estimaron los parámetros de estabilidad utilizando el modelo Eberhart y Russell (1966), para identificar germoplasma criollo utilizándolo en el programa de Mejoramiento del Altiplano alto y medio. Los autores concluyen que dentro del germoplasma criollo existe variedades

con alto potencial de rendimiento y estabilidad mostrada a través de 9 localidades, del altiplano de Guatemala. A la vez encontraron que altos rendimientos están positivamente correlacionados a coeficientes de regresión y desviaciones de regresión ($r=0.99$ y 0.66 respectivamente).

De Paz et al (1978), reportan datos de un análisis de estabilidad combinado de 10 variedades criollas evaluadas en 32 localidades en el altiplano de Guatemala durante 1977 y 1978.

Los autores concluyen que el análisis de estabilidad bajo el modelo de Eberharht y Russell combinados de años y localidades es un buen instrumento para la toma de decisiones en regiones donde existe una alta interacción genotipo medio ambiente.

Tillmans y Córdova (1979) estudiaron la estabilidad de 25 materiales precoces y su resistencia a sequía en el sur oriente de Guatemala y oriente de El Salvador y encontraron que (precós 48 x L.O.) F_2 mostró una excelente estabilidad de rendimiento a través de todas las localidades donde fué evaluado, estas localidades incluyeron condiciones limitantes de humedad en el suelo. Por otra parte esta variedad superó el híbrido H-3 en rendimiento y características agronómicas, éste último mostró poca estabilidad ($B_1=1.860$; $S^2_{di}=0.77$) ésto fué debido principalmente a que este híbrido es muy susceptible a condiciones donde la humedad es un factor limitante.

Merck (1979) señala que los híbridos y variedades HB-17, HA-22 e ICTA B3, responden relativamente mejor a ambientes desfavorables, esto significa que sus coeficientes de regresión fueron menores que 1 y sus desviaciones de regresión igual a cero, lo cual indica que esta respuesta fue consistente.

Los híbridos T-101, HB-19, HA-28, HA-24 y HB-13 respondieron mejor a ambientes favorables y esta respuesta fue consistente, obteniendo los más altos rendimientos.

3. MATERIALES Y METODOS:

3.1 MATERIAL BIOLÓGICO:

En el cuadro 1 se presentan los materiales genéticos utilizados en el presente estudio.

CUADRO No. 1

Genealogía y características agronómicas de las variedades e híbridos evaluados.

GENEALOGIA	CARACTERISTICAS
HB-11 (22-165x21-170)X3806	Híbrido de cruza triple cuyos progenitores son dos familias y una variedad de polinización libre, de origen tuxpeños y salvadoreños el tipo de grano es blanco semi cristalino, período vegetativo intermedio y altura de planta y mazorca mediana.
HB-15 3806X2386	Híbrido de cruza simple de una variedad por una familia, tipo de grano semidentado, altura de planta y mazorca baja.
T-101 ICTA B 1XEto Blanco	Híbrido intervartetal formado por el cruzamiento de las variedades Tuxpeño y Eto Blanco. grano es blanco semi cristalino, altura de planta baja, tolerante a algunas enfermedades tropicales.
HB-21 Compuesto 2X2386	Híbrido de cruza simple de una variedad por una familia (mestizo), germoplasma de origen 50o/o tuxpeño y 50o/o de blanco cristalino, el tipo de grano es blanco semi dentado, altura de planta y mazorca baja y resistente al acame.

- HB-19
(ICTA B1XEto)X2386
- Híbrido de cruza triple cuyo origen esta basado en una variedad de origen tuxpeño, la otra variedad de origen colombiano y una familia de origen mexicano blanco cristalino, altura de planta y mazorca baja, tolerante al acame y con un buen potencial de rendimiento.
- ICTA-B1
Tuxpeño
- Varietal de polinización libre de origen tuxpeño cuyo germoplasma procede del CIMMYT, altura de planta y mazorca baja, período vegetativo tardío, resistente al acame y excelente adaptación a las zonas tropicales bajas.
- H-5
- Híbrido de cruza doble de pedigree cerrado, cuyo origen es básicamente líneas puras provenientes de colecciones de maíces tuxpeños; su altura de planta es elevada lo cual lo hace susceptible al acame producido por vientos fuertes. Tipo de grano blanco dentado con excelente potencial de rendimiento y adaptación a climas tropicales, su período vegetativo tardío.
- Criollos
- Varietal de maíz criollos representantes de colecciones de la costa del pacífico de Guatemala, todas estas variedades tienen una altura de planta excesiva, variando su período vegetativo de precós a tardío, en general son susceptibles al acame y de bajos rendimientos.

3.2 Localidades:

En el cuadro 2 se presentan las principales características climatológicas de las localidades donde fueron evaluados los genotipos.

CUADRO No. 2:
Características climatológicas de las localidades
utilizadas en el presente estudio en 1,977 y 1,978

Localidades	Características		Temp. \bar{X}		No. ensayos	
	Altitud M.S.N.M.	Precip. Anual mm.	Min.	Max.	1,977	1,978
La Nueva Concepción	6 a 75	2100	21.7	31.5	3	3
La Máquina	6 a 152	3100	24.0	37.0	3	3
La Blanca	5 a 14	1800	24.1	31.6	2	2

Datos obtenidos en el Instituto de Transformación Agraria, Guatemala.

3.3 Manejo del cultivo:

Se dieron las condiciones de manejo de acuerdo a las prácticas acostumbradas de cada uno de las localidades, en cuanto a: control de malezas, control de plagas y enfermedades, preparación de terreno; siendo constante las distancias de siembra empleadas, la cual fue de 0.90 mts. entre surcos y 0.50 mets. entre posturas, dejando tres semillas para luego hacer un raleo a los 15 días y dejar dos plantas por postura para una población final de 44,444 plantas/Ha.

También fue constante el nivel de 75-40-0 de fertilización usada, el cual fue aplicado en la forma siguiente: fósforo se empleó el 100/o a la siembra y el nitrógeno de

modo fraccionario: 30 kg/Ha. a la siembra, 25 kg/Ha a los 40 días y 20 kg/Ha. al inicio de la floración.

3.4 Variables estudiadas:

- a) Días a flor, se tomó cuando el 50o/o de la inflorescencia femenina estuvo presente.
- b) Altura de planta, se tomó una muestra de 10 plantas por parcela, del suelo a la base de la inflorescencia masculina.
- c) Altura de mazorca, se tomó una muestra de 10 plantas por parcela, del suelo al nudo de la base de la mazorca superior.
- d) Rendimiento, se cosecharon los dos surcos centrales, plantas con competencia completa.

3.5 Diseño experimental:

El diseño de campo utilizado fue látice simple de 5X5 con cuatro repeticiones, con unidades experimentales de cuatro surcos de 5 mts. de largo, utilizándose como parcela útil los dos surcos centrales.

3.6 Análisis estadístico:

Del diseño originalmente usado que incluía 25 tratamientos; fueron tomados los ocho genotipos que coincidieron durante 1,977, y 1978, a los cuales se les aplicó un análisis de varianza por localidad y por año separadamente, utilizando un modelo de diseño de Bloques al azar con cuatro repeticiones. El modelo utilizado se describe a continuación:

$$X_{ij} = M + V_i + R_j + E_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, v =$ variedades

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

$X_{ij} =$ Valor del carácter estudiado en la prueba en la j -ésima repetición.

$M =$ media general del carácter

$V_i =$ efecto de la i -ésima variedad

$R_j =$ efecto de la j -ésima repetición

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

CUADRO No. 3:

Análisis de Varianza Apropriado para el Diseño de bloques al azar.

Fuentes de Variación	G.L.	Esperanza de Cuadrados Medios
Repeticiones	$(r-1)$	
Tratamientos	$(t-1)$	$\sigma_e^2 + \sigma_{rt}^2 + rt \sigma_t^2$
Error	$(r-1)(t-1)$	σ_e^2
Total	$(rt-1)$	

$r =$ repeticiones

$t =$ tratamientos

3.7 Parámetros de estabilidad:

Con el objeto de estimar el efecto que tiene el ambiente sobre el rendimiento de las distintas variedades, se estimaron los parámetros de estabilidad aplicando el modelo de Eberhart y Russell (1966), en las medias de rendimiento de los distintos ambientes de prueba. Para ello cada sitio experimental fue considerado como un ambiente. El modelo mencionado es el siguiente:

$$Y_{ij} = M_i + B_i I_j + S^2_{dij}$$

Donde:

- Y_{ij} = a la media varietal de la i-ésima variedad en el j-ésimo ambiente (i = 1,2,...,v; j = 1,2,...,n)
- M_i = la media de i-ésima variedad a través de todos los ambientes.
- B_i = coeficiente de regresión que mide la respuesta de la variedad i en varios ambientes.
- I_j = índice ambiental obtenido como el promedio de todas las variedades en el j-ésimo ambiente menos la media general.
- S^2_{dij} = desviaciones de regresión de la variedad en el j-ésimo ambiente j.

Mediante este modelo se divide la interacción genotipo por ambiente en dos partes:

- a) La variación debida a la respuesta de la variedad a los diferentes índices ambientales (suma de cuadrados de la regresión); y
- b) Las desviaciones inexplicables de la regresión sobre los índices ambientales.

En el cuadro No. 4 se presenta el análisis de varianza apropiado para la estimación de los parámetros de estabilidad:

CUADRO No. 4:

Fuentes	G.L.	Suma de cuadrados
Total	nv-1	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - F.C. CM_1$
Variación		
Variedades (V)	v-1	$\frac{1}{n} \sum_i Y_i^2 - F.C.$
Ambiente (A)	n-1	$v(n-1) \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \sum_i Y_i^2/n$
Vars. X Ambs.	(v-1)(n-1)	
Ambiente (lineal)	1	$\frac{1}{v} (\sum_i iY_{ij})^2 / \sum_j j^2$
Vars. X Ambs. (lineal)	V-1	$\sum_i (\sum_j jY_{ij})^2 / \sum_j j^2 - S.C.A. (Lin) CM_2$
Desv. Ponderadas	v(n-2)	$\sum_i \sum_j S_{ij}^2$
Variedad 1	n-2	$(\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(Y_i)^2}{n}) - (\sum_j jY_{ij})^2 / \sum_j j^2$
Variedad V	n-2	$(\sum_j Y_{vj}^2 - \frac{Y^2}{n}) - (\sum_j jY_{vj})^2 / \sum_j j^2$
Error Ponderado	n(r-1)(v-1)	

El cuadrado medio del error conjunto (error ponderado) se obtiene por sumar la s.c. del error experimental de los análisis de varianza efectuados por cada experimento en particular y la suma total que resulta se divide entre el total de grados de libertad del error experimental resultantes de sumar los grados de libertad del error de cada uno de los experimentos. El valor que resulta se divide a su vez entre el número de repeticiones considerados en los experimentos individuales.

El coeficiente de regresión y las desviaciones de regresión fueron los parámetros utilizados; y la forma de interpretarlos fue la propuesta por Carballo y Márquez (1970) que se ilustra en el cuadro 5.

CUADRO No. 5:

Interpretación de los parámetros de estabilidad
según Carballo y Márquez (1970).

Categoría	B_i	S^2_{di}	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, consistente.
f)	> 1	> 0	Responde mejor en buenos ambientes, inconsistente.

3.8 Comparación Múltiple de Medias:

En base al análisis de varianza utilizado en el diseño de análisis de estabilidad, se realizaron las comparaciones entre medias para cada una de las variables evaluadas por medio de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

$$\text{Error estándar} = S_x = \sqrt{\frac{\text{CME}}{r}}$$

donde:

CME = cuadrado medio del error ponderado

r = número de localidades

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ANALISIS DE ESTABILIDAD Y RENDIMIENTO:

En todas las localidades existió diferencias significativas o altamente significativas entre las variedades e híbridos evaluados.

Los coeficientes de variación son bastante aceptables lo cual muestra un buen manejo en la conducción de los experimentos y ofrece una alta confiabilidad a los resultados (Cuadro (No. 6)).

CUADRO No. 6:

Estadísticos estimados en el análisis de varianza
para rendimiento de 8 variedades comunes evaluados
en 16 localidades. Costa del Pacífico de
Guatemala, 1977 y 1978.

Localidades Estadísticos	Nueva Concepción						La Máquina						La Blanca			
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
MEDIA (1)	3.1	6.3	3.1	6.4	4.9	5.9	3.7	3.8	3.6	3.2	3.7	4.1	3.3	3.7	3.7	3.8
MDS (2)	0.76	1.41	0.69	0.75	0.78	1.18	0.98	0.97	0.53	1.10	0.78	0.49	0.84	1.00	0.93	0.84
C.V. (o/o)	15.0	15.0	14.0	8.0	10.0	14.0	18.0	16.5	10.0	25.0	14.0	8.0	16.0	19.0	15.0	15.0
F (VARIEDADES)	*	*	*	**	*	*	*	*	**	**	*	**	*	**	*	*

1 y 2 identifican los años 1977 y 1978 respectivamente.

Los números romanos indican el número de localidad.

CUADRO No. 7

RENDIMIENTO DE GRANO TON/Ha. DE OCHO VARIEDADES EVALUADAS EN 16 AMBIENTES DE PRUEBA (64 REPETICIONES) EN LA COSTA DEL PACIFICO. ANALISIS COMBINADO, 1977 y 1978.

	LA NUEVA				LA MAQUINA				LA BLANCA				\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}				
	I		II		III		IV		V		VI					VII		VIII	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1977	1978	
HB-11	3.8	6.6	3.3	6.3	5.6	5.9	4.4	4.0	3.8	3.2	3.7	3.7	4.8	3.4	4.6	3.7	4.3	4.6	4.50
HB-15	3.9	5.8	3.5	6.7	5.1	5.8	4.3	3.9	3.9	2.8	4.1	3.6	3.8	4.0	4.4	4.6	4.1	4.6	4.40
TF-101	3.0	6.6	2.4	7.0	4.9	5.6	4.3	3.7	4.0	4.3	4.4	4.7	2.3	3.4	3.7	3.9	3.6	4.9	4.30
HB-19	2.9	6.4	3.3	6.4	4.5	6.1	4.0	3.6	3.6	3.9	4.1	3.9	3.3	3.8	3.9	3.0	3.7	4.7	4.10
HB-21	3.2	6.6	3.2	6.2	4.8	6.4	4.0	4.1	3.6	2.9	3.9	4.7	2.8	3.8	3.9	3.2	3.7	4.7	4.20
B-1	2.4	6.6	2.4	6.2	4.4	5.5	3.2	3.9	3.9	2.4	2.9	3.8	2.7	3.5	2.8	4.5	3.1	4.6	3.70
H-5	3.1	6.6	3.5	6.8	5.1	6.1	3.6	4.3	3.8	3.9	3.3	4.6	3.4	4.6	4.3	4.1	3.8	5.1	4.40
CRIOLLO	2.7	5.8	3.2	5.7	5.0	5.6	1.8	3.1	2.5	2.0	3.2	3.8	3.3	2.7	3.0	3.3	3.0	4.0	3.50
\bar{X}	3.1	6.3	3.1	6.4	4.9	5.9	3.7	3.8	3.6	3.2	3.7	4.1	3.3	3.7	3.8	3.7	3.7	4.6	4.13
IA	1.05	2.20	1.05	2.30	0.75	1.80	0.454	0.354	0.554	0.954	0.454	0.054	0.854	0.454	0.354	0.454			

Los números 1 y 2 indican los años 1977 y 1978 respectivamente.

CUADRO No. 8

RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE 16
LOCALIDADES DE LA COSTA DEL PACIFICO 1977 y
1978 PARA ESTIMACION DEL ERROR CONJUNTO.

LOCALIDAD	G.L.E.	S.C.E.	C.V. (o/o)
EXPERIMENTO 1977-2	21	5.6	15o/o
EXPERIMENTO 1977-3	21	4.6	14o/o
EXPERIMENTO 1977-4	21	5.9	10o/o
EXPERIMENTO 1977-6	21	9.4	18o/o
EXPERIMENTO 1977-7	21	2.6	10o/o
EXPERIMENTO 1977-8	21	5.6	14o/o
EXPERIMENTO 1977-9	21	6.9	16o/o
EXPERIMENTO 1977-10	21	8.4	15o/o
EXPERIMENTO 1978-LM1	21	8.4	16.6o/o
EXPERIMENTO 1978-LB1	21	9.9	19o/o
EXPERIMENTO 1978-LM2	21	13.4	25.0o/o
EXPERIMENTO 1978-LB2	21	6.9	15.0o/o
EXPERIMENTO 1978-LN3	21	19.4	15.0o/o
EXPERIMENTO 1978-LM4	21	2.3	8.0o/o
EXPERIMENTO 1978-LN4	21	13.5	14o/o
EXPERIMENTO 1978-LN5	21	5.4	8o/o
TOTAL	336	128.2	

$$\begin{aligned}
 \text{CMEC} &= 128.2 \\
 &\quad \frac{\quad}{336.0} / 4 \\
 &= 0.10
 \end{aligned}$$

CUADRO No. 9

ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTABILIDAD DE
 OCHO VARIEDADES DE MAIZ EVALUADAS EN 16
 LOCALIDADES DE LA COSTA DEL PACIFICO
 1977 y 1978

FUENTES DE VARIACION	G. de L.	S.C.	C.M.	Fc
TOTAL	127	184.92	1.622(CM1)	8.54 *
VARIEDADES	7	11.36		
AMBIENTE	15	173.56		
V x A	105			
AMB. (LINEAL)	1	2.322		
V x A (LINEAL)	7	149.898	21.414(CM2)	112.71 **
DESV. PONDERADA	112	21.34	0.190(CM3)	
VAR. 1	14	1.89	0.135	1.35 NS
VAR. 2	14	2.19	0.156	1.56 NS
VAR. 3	14	4.38	0.312	3.13 *
VAR. 4	14	9.75	0.69	6.96 **
VAR. 5	14	1.36	0.097	0.97 NS
VAR. 6	14	3.24	0.231	2.31 *
VAR. 7	14	1.40	0.100	1.0 NS
VAR. 8	14	3.99	0.285	2.85 *
ERROR PONDERADO	336	128.2	0.10	

C.V. = 8.00

M.D.S.

* SIGNIFICATIVA AL 5o/o

** SIGNIFICATIVA AL 1o/o

NS NO SIGNIFICATIVA

Los ambientes fueron altamente contrastantes (el rango de los índices ambientales varió de $IA = 2.30$ a -1.05). Esto nos indica que en la región donde fueron evaluados estos materiales existió una gran variación de ambientes: ricos y pobres, considerándose dentro de esta clasificación condiciones prevalescentes de suelo, clima y manejo, así como también factores limitantes de plagas y enfermedades (Cuadro No. 7).

El análisis de varianza utilizada para la estimación de los parámetros de estabilidad de los materiales evaluados a través de los 16 ambientes de prueba en la costa del pacífico de Guatemala, 1977 y 1978 se presentan en el cuadro No. 9, es notable que las fuentes de variación: Variedad y la interacción Variedad x Ambiente Lineal fueron altamente significativos, ésto indica que las variedades se comportaron en forma diferente, lo cual apoya la hipótesis planteada en el presente estudio, así como que también existió un comportamiento diferencial relativo entre las variedades de acuerdo a los ambientes de prueba.

El híbrido HB-11 superó a las variedades criollas con 1.5 ton/Ha., lo cual representa el 53o/o de aumento en rendimiento, por otra parte sus características agronómicas son superiores que la de las criollas (Cuadro 11). Nótese la excelente cobertura de mazorca, así como la poca pudrición como consecuencia de la buena cobertura, en comparación de las otras variedades evaluadas.

El híbrido HB-11 fue similar en rendimiento con los híbridos HB-15, H-5 y T-101, a los cuales superó numéricamente en rendimiento, pero con características agronómicas superiores comparadas principalmente con el híbrido H-5, en lo que a altura de planta se refiere, siendo 38 cm. más bajo, lo cual significa una muy buena resistencia al acame (Cuadro No. 10).

CUADRO No. 10:

MEDIAS DE RENDIMIENTO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA VARIEDADES E HIBRIDOS EVALUADOS EN 16 LOCALIDADES DE LA COSTA DEL PACIFICO DURANTE 1977 y 1978.

GENEALOGIA		Rend. Ton/Ha	o/o de		Coeficiente Regresión (bi)	Coeficiente Regres. Sd ₁ ²
			Criollos	H-5		
HB-11	ac	4.50	153	104	1.051 NS	0.035 NS
HB-15	ab	4.40	146	100	0.821 *	0.056 NS
H-5	ab	4.40	146	100	1.040 NS	0.000 NS
T-101	abc	4.30	143	98	1.058 NS	0.213 *
HB-21	bed	4.20	140	95	1.064 NS	0.000 NS
HB-19	bed	4.10	136	93	0.968 NS	0.596 **
ICTA B-1	e	3.70	123	84	1.106 *	0.131 *
CRIOLOS	f	3.00(1)	100	68	1.045 NS	0.185 *

C.V. 8.00 RESULTADOS PROVENIENTES DE 16 LOCALIDADES
64 REPETICIONES EN TOTAL

* SIGNIFICATIVA AL 5o/o

** SIGNIFICATIVA AL 1o/o

(1) INCLUYE LAS MEDIAS DE LAS LOCALIDADES DONDE SE UTILIZARON CRIOLLOS COMO TESTIGOS.

NS NO SIGNIFICATIVA

CUADRO No. 11

CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE VARIEDADES
BLANCAS EVALUADAS EN LA COSTA DEL PACIFICO. 1978.

VARIEDADES	Altura Planta	Cobert.	Pudrición
ICTA B-1	209	4.7	10.2
L.M. 7422	227	6.4	12.3
T-101	210	4.9	9.8
HB-11	210	5.0	6.7
HB-19	220	7.6	7.6
HB-15	227	8.9	8.5
HB-21	221	9.5	7.7
PR 7529	229	8.3	10.9
COMPUESTO-2	216	7.4	11.6
CENTA M-1B	230	5.6	6.7
ILONGA 7521	219	5.5	11.7
MARACAY 7522	226	6.3	16.0
PICHILINGUE 7429	222	7.8	11.5
HB-39			
HB-41	200	3.6	6.2
HB-43	202	9.5	7.8
HB-45	199	11.0	7.6
HB-35	204	6.8	5.2
HB-37	208	7.1	7.5
HB-47	203	6.8	8.7
HB-17	208	3.9	7.4
H-5	248	7.5	6.3
HB-33	219	6.6	8.7
CRIOLLO	233	6.2	8.2
HB-31	214	7.9	11.7
HB-13	228	2.6	5.0

Los parámetros de estabilidad ($B_1 = 1.051$; $S^2_{di} = 0.35$) estimados, identifican el híbrido HB-11 como una variedad estable, lo cual queda confirmado al revisar los datos del cuadro 7 donde puede notarse que el HB-11 permaneció siempre en los tres primeros lugares de las 16 localidades de la costa del pacífico donde fue evaluado durante 1977 y 1978, esto es una muestra de su respuesta consistente a ambientes ricos y ambientes pobres.

Estos resultados mostrados por esta variedad coinciden por los reportes de Dardón y Córdova en 1978, quienes encontraron que el híbrido HB-11 mostró buena respuesta de todos los ambientes.

El híbrido H-5 mostró también excelente estabilidad, ya que sus parámetros fueron de $B=1$ y $S^2_{di}=0$; este mismo comportamiento fue mostrado por el híbrido HB-21.

La variedad ICTA-B1 superó en 23o/o a la media de los criollos incluidos en este experimento, al ser una variedad de polinización libre significaría una ventaja para los agricultores que todavía siembran las variedades criollas.

4.2 ANALISIS DE REGRESION PARA MEDIR ESTABILIDAD:

Las gráficas 1 y 2 muestran las líneas de regresión rendimiento-índices ambientales de las variedades blancas evaluadas en la costa del pacífico, nótese la tendencia lineal de la respuesta del HB-11 en la gráfica 1.

FIGURA No.1

LINEAS DE REGRESION ENTRE RENDIMIENTO E INDICES AMBIENTALES DE VARIETADES
BLANCAS EN LA COSTA DEL PACIFICO EN 1977 - 1978

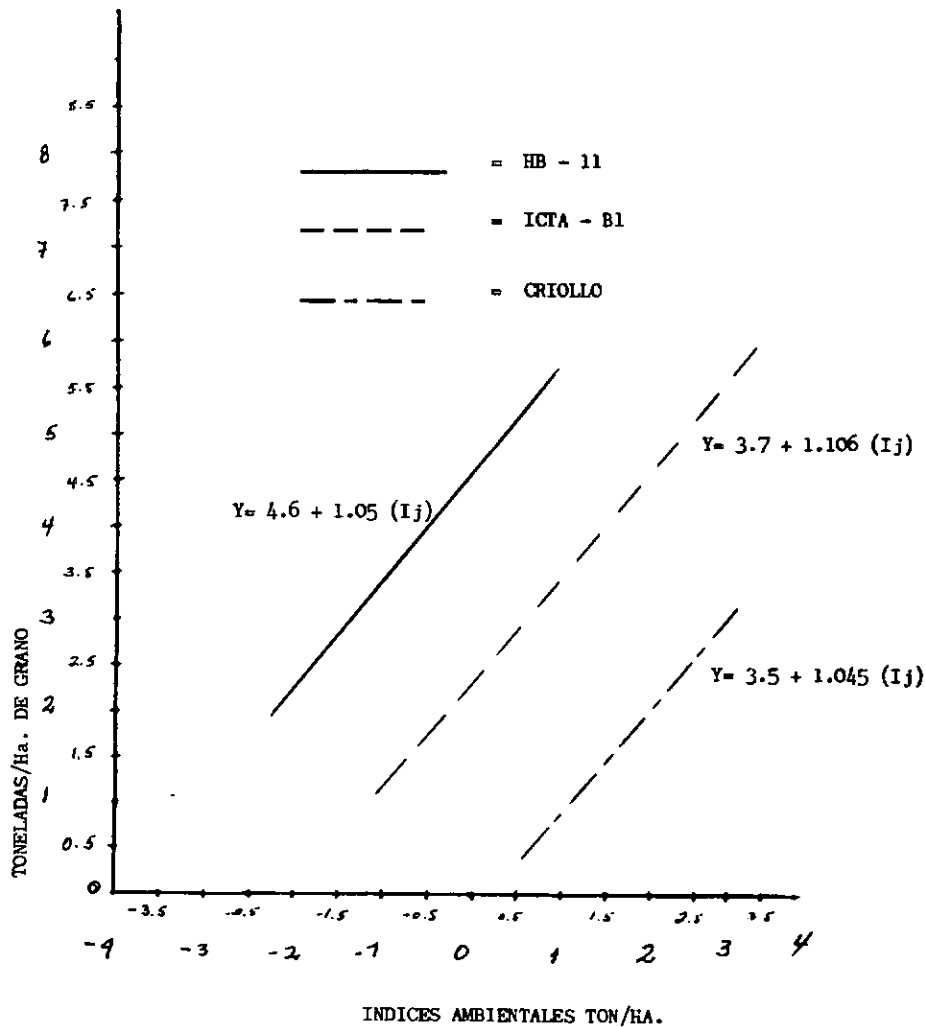
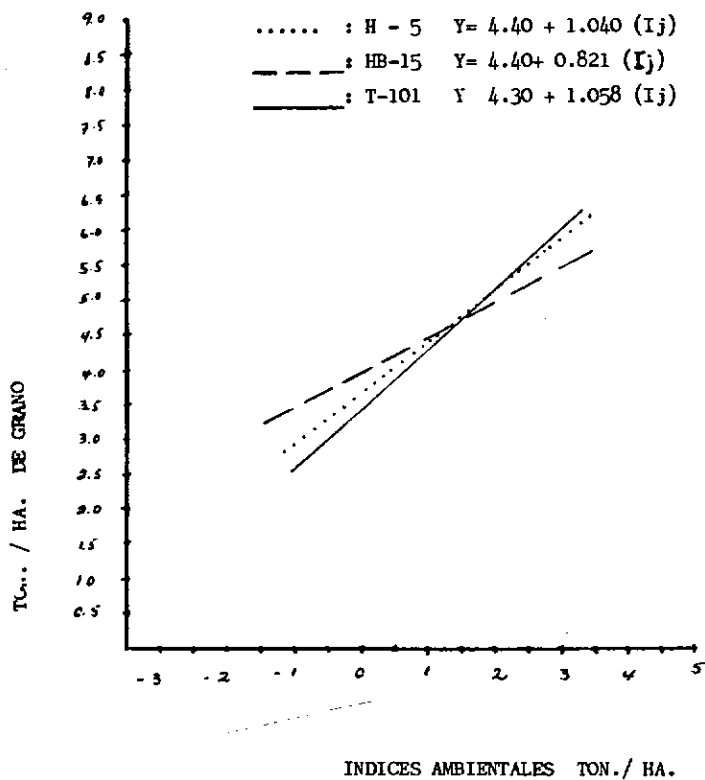


FIGURA No.2

LÍNEAS DE REGRESION ENTRE RENDIMIENTO E INDICES AMBIENTALES DE VARIETADES
BLANCAS EVALUADAS EN LA COSTA DEL PACIFICO EN 1977 - 1978



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El híbrido HB-11 fue superior en rendimiento y características agronómicas a las variedades Blancas evaluadas en 16 localidades y 64 repeticiones de la Costa Sur de Guatemala en el análisis combinado de 1977 y 1978. El rendimiento de este híbrido (4.5 TON./Ha) fue similar al testigo H-5 (4.45 TON/Ha) y 38 centímetros menor en altura de planta.
2. El HB-11 superó significativamente a la media de las variedades criollas y al ICTA B-1 con 1.2 y 1.6 TON/Ha respectivamente, siendo este híbrido más precóz y con altura de planta y mazorca más baja.
3. El análisis de estabilidad calculado identificó al híbrido HB-11 como una variedad estable adaptada a la costa del Pacífico. Los parámetros de estabilidad estimados fueron $B_i=(1.05)$ y $S_{di}^2=0$. El híbrido H-5 demostró ser estable y similar en rendimiento al HB-11, la variedad ICTA B-1 fué identificada como una variedad que responde bien a la mayoría de ambientes evaluados.
4. Se recomienda la producción comercial del HB-11 y su evaluación más extensa en parcelas de prueba.
5. La metodología de análisis combinado de 2 años en diferentes ambientes da una gran confiabilidad a los resultados en base a las cuales se realizan las recomendaciones.

RESUMEN

Siendo de mucha importancia la Costa del Pacífico de Guatemala como zona potencial en producción de maíz, se efectuó la evaluación de materiales que permitieran detectar nuevos genotipos cuyas características agronómicas y de rendimiento tiendan a aumentar la productibilidad al ser utilizados comercialmente por los agricultores.

Se estudió la estabilidad de los materiales a través de varias localidades muestreando las diferentes ambientes y durante dos años '1977 y 1978'. En todas las localidades hubo diferencias significativas o altamente significativas entre las variedades e híbridos evaluados, así como variaciones de los diferentes ambientes donde fueron efectuados, existiendo condiciones pobres y ricas, en cuanto a suelo, clima y manejo. Así también existió diferencias altamente significativas entre variedad y la interacción variedad-ambiente lineal, indicando que los materiales se comportaron en forma diferente entre sí y un comportamiento diferencial relativo entre los genotipos de acuerdo a los ambientes de prueba.

El híbrido HB-11 resultó ser el material con mejores características, ya que superó en un 53% de rendimiento a las variedades criollas contando además con una buena cobertura de mazorca y altura de planta que lo hacen superiores al resto de variedades evaluadas; sus parámetros de estabilidad indican que es una variedad estable y por lo tanto consistente a ambientes ricos y pobres. Este híbrido fué similar en rendimiento con los materiales HB-15, H-5 y T-101 a los cuales superó numéricamente pero con características agronómicas superiores, principalmente al compararlo con el híbrido H-5, siendo 38 cm. más bajo.

El híbrido H-5 mostró buena estabilidad al igual que el HB-21 cuyos parámetros de estabilidad fueron de $B=1$ y $S_{di}^2=0$.

La variedad ICTA B₁, también superó en rendimiento a los criollos en un 230/o, siendo muy importante por ser una variedad de polinización libre, ya que puede ser utilizado por los agricultores que aún siembran variedades criollas.

BIBLIOGRAFIA

1. BAHIAKI, A., STUCKER, R.E. y LAMBERT, J.W. Association of genotype x environment interactions with performance level of soybean lines in preliminary yield test. *Crop Sci.* 16:718-721. 1976.
2. BUCIO A.L. PERKINS, J.M. y KINKS, J.L. Environmental and genotype-environmental components of variability. V. Segregating generations. *Heredity* 24:115-127. 1969.
3. BUSH, R.H., HAMMOND, J. y FROHBERG, R.C. Stability and performance of hard red spring wheat bulks for grain yield. *Crop Sci.* 16:256-259. 1976.
4. CARBALLO C., A. y MARQUEZ S., F. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* Vol. 5: 129-146. 1970.
5. DAVILA, F.A. CORDOVA, H.S. y POEY, F.R. XXV Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, 1978. Us o de parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) (1) Zona Media. 31 p.
6. DE PAZ, R., VELASQUEZ, R., CORDOVA, H.S. y POEY, F. XXV Reunión Anual del PCCMCA. Honduras, 1978. Segunda fase en la evaluación de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el altiplano de Guatemala, 1978. 16 p.
7. EBERHART, S.A. y RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40. 1966.

8. FALCONER, D.S. Introduction to Quantitative Genetics. New York, The Ronald Press Company, 1961. 412 p.
9. FINLAY, K.W. y WILKINSON, G.N. The Analysis of adaptation in a plant breeding programme. Australian J. Agric. Res. 14: 742-754. 1963.
10. JONES, D.F. Heterosis and homeostasis in evaluation and in applied genetics. American Naturalist. 92: 321-328. 1958.
11. JOWETT, D. Yield stability parameters for sorghum in east africa. Crop Sci. 12: 314-317. 1972.
12. LERNER, I.N. Genetic Homeostasis. Endinburg, Oliver and Boyd, 1954. 618 p.
13. MARQUEZ - SANCHEZ, F. Relationship between genotype environmental interaction and stability parameters. Cr op Sci. 13: 577-579. 1973.
14. MARTINEZ, W.O., TORREGROSA, M.C. y MARTINEZ, B.R. Estabilidad fenotípica de poblaciones heterocigotas en maíces de clima frío. Fitotecnia Latinoamericana 7: 71-84. 1970.
15. MEJIA, A.H. Selección de genotipos de maíz por rendimiento y estabilidad para áreas de temporal del Valle de Puebla. Chapingo, 1971. 138 p. Tesis (Mag. Sc. Genética), Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
16. MERCK, E.F. Evaluación de rendimiento y estabilidad de 17 materiales experimentales de maíz (*Zea mays* L.) en el sur-oriente del país, Jutiapa. Guatemala, 1979. 75 p. Tesis (Ing. Agrónomo), Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

17. REICH, V.H. y ATKINS, R.F. Yield stability of four populations types of grain sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, in different environment. *Crop. Sci.* 10: 511-517. 1970.
18. ROWE, P.R. y ANDREW, R.H. Phenotypic for a systematic series of corn genotypes. *Crop Sci.* 4: 563-566. 1964.
19. RUSSELL, W.A. y EBERHART, S.A. Testcrosses of one and two ear types of corn belt maize ibreds. II Stability of performance in different environments. *Crops Sci.* 8: 248-251. 1968.
20. 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 sur-oriente de Guatemala. Guatemala, 1977. 83 p. Tesis (Ing. Agrónomo), Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.
21. SHANK, D.B. y ADAMS, M.W. Environmental variability within inbred lines and single crosses of maize. *Genetics* 57: 119-126. 1960.
22. SIMONDS, N.W. Variability in crop plants, its use and conservation. *Briol. Rev.* 37: 422-465. 1962.
23. SMITH, R.R. BITH, D.F., CALDWEELL, B.F. y C.R. WEBER. Phenotypic stability in soybean populations. *Cr op Sci.* 7: 549-551. 1967.
24. SPRAGUE, G.F. y DENKINS, M.T. A comparison of synthetics, multiple crosses, and double crosses in corn, *Jour. Amer. Soc. Agron.* 35: 137-147. 1943.
25. TILLMANS, I.P. y CORDOVA, H.S. Evaluación de variedades e híbridos precoces de maíz (*Zea mays* L.)

seleccionados bajo condiciones limitadas de humedad.
XXV Reunión Anual de PCCMCA, Honduras 1978.

Vo. Bo.

Cristina de Cabrera
Documentalista

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apocado Postal No. 1943

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

"IMPRIMASE"



[Handwritten signature]

ING. AGR. ORLANDO ARJONA
DECANO EN FUNCIONES

RECIBIDO EL REGISTRO EXTERNO
DEPOSITO LEGAL
BIBLIOTECA CENTRAL

