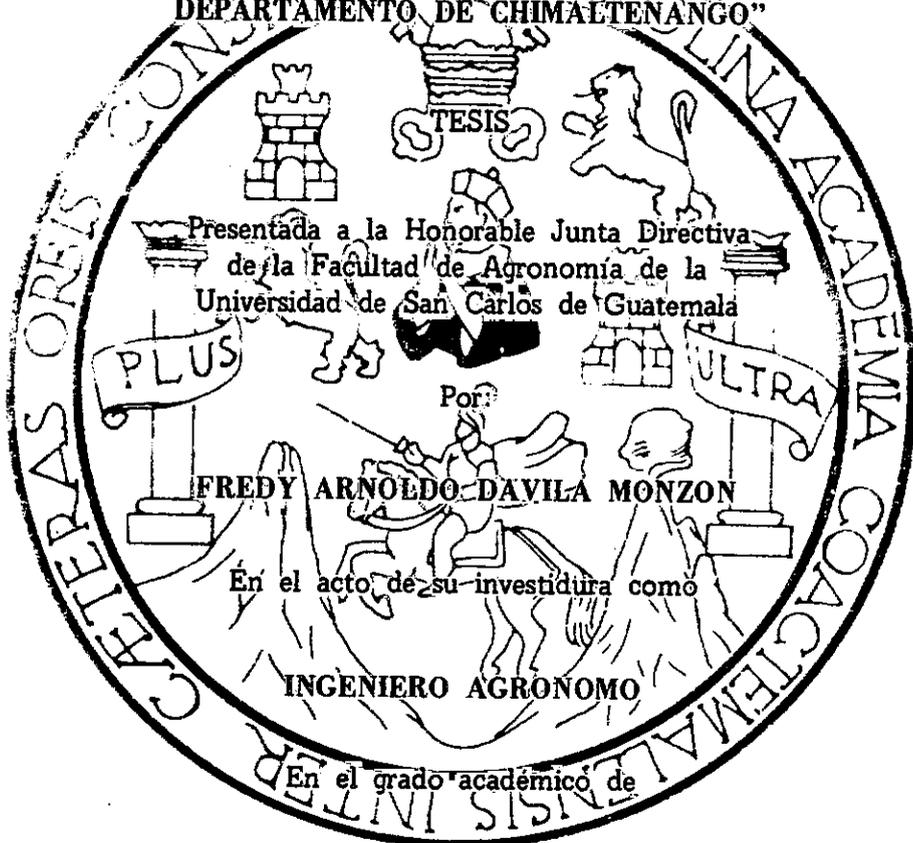


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

UTILIZACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD
PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES
CRIOLLAS DE MAIZ (*Zea mays* L.) EN EL
DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO



LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, JULIO DE 1978

01
T(285)
c.3

**RECTOR DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Dr. Roberto Valdeavellano Pinot

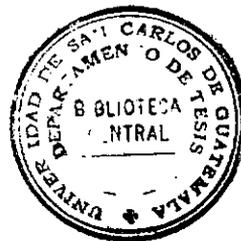
**JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

Decano
Vocal 2o.
Vocal 3o.
Vocal 4o.
Vocal 5o.
Secretario

Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Dr. Antonio Sandoval S.
Ing. Agr. Sergio Mollinedo B.
Ing. Agr. Laureano Figueroa
P. A. Carlos Leonardo L.
Ing. Agr. Leonel Coronado C.

**ENCARGADO DEL DEPARTAMENTO
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**

Ing. Ronaldo Prado
Ing. Heber Rodríguez



Guatemala, 21 de Junio de 1978

Señor Decano
de la Facultad de Agronomía
Ing. Agr. Rodolfo Estrada
Su despacho

Señor Decano:

Me permito comunicarle que cumpliendo con la designación que ese decanato me hiciera, he asesorado el trabajo de tesis intitulado "UTILIZACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES CRIOLLAS DE MAIZ (Zea mays L.) EN EL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO"; presentado por el universitario Fredy Arnoldo Dávila Monzón.

Concluída la asesoría, considero que dicho trabajo de tesis representa una buena aportación a la tecnología agrícola y por tanto reúne todos los requisitos para su aprobación.

Hugo Salvador Córdova Orellana
Genetista, Programa de Maíz-ICTA

Guatemala, 22 de Junio de 1978

Señor Decano
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
Ing. Agr. Rodolfo Estrada
Su Despacho

Señor Decano:

Adjunto a la presente, envío a usted la tesis intitulada: "UTILIZACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES CRIOLLAS DE MAIZ (Zea mays L.) EN EL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO"; presentado por el universitario Fredy Arnoldo Dávila Monzón, como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Considero que el citado trabajo constituye una importante aportación al conocimiento, en bien de la agricultura nacional.

Dr. Federio Poey
Genetista, Programa de
Maíz-ICTA

Guatemala, 23 de junio de 1978

Señor Decano
Facultad de Agronomía
Ing. Agr. Rodolfo Estrada
Su despacho

Señor Decano:

Tengo el honor de dirigirme a usted para comunicarle que atendiendo la designación que ese Decanato me hiciera, he prestado asesoría al universitario Fredy Arnoldo Dávila Monzón, para la elaboración de su tesis de grado, intitulada "UTILIZACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES CRIOLLAS DE MAIZ (Zea mays L.) EN EL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO".

Concluida la asesoría y revisado el trabajo escrito me permito informar al Señor Decano, que considero el trabajo merecedor de su aprobación para ser publicado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Dr. Antonio Sandoval
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO
DE PROD. E INVEST. AGROPECUARIA

ADJUNTO: Proyecto de Tesis.

Guatemala, 3 de Julio de 1978.

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Su despacho

Señor Decano

De acuerdo con lo que establece la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**“UTILIZACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD
PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES
CRIOLLAS DE MAIZ (*Zea mays* L.) EN EL
DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO”**

Al presentarlo como requisito previo para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, espero que merezca la aprobación correspondiente.

Deferentemente,

Fredy Arnoldo Dávila Monzón

DEDICO ESTE ACTO

A mis Padres:

Isauro Dávila Palala
Laura Monzón de Dávila

A mi Esposa:

Gloria Nineth

A mis Hijos:

Freddy Alexander y
Arnoldo Roberto

A todos los miembros de mi familia

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 Dr. Federico Poey y Dr. Antonio Sandoval por su colaboración y asesoramiento en el trabajo de tesis.

Al Programa de maíz de ICTA

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

CONTENIDO

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | INTRODUCCION | 1 |
| 2. | REVISION DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 | Importancia del análisis de estabilidad | 3 |
| 2.2 | Formas a través de las cuales se puede exhibir estabilidad | 3 |
| 2.3 | Estudios sobre parámetros de estabilidad | 4 |
| 3. | MATERIAL Y METODOS | 11 |
| 3.1 | Material biológico | 11 |
| 3.2 | Localización de los sitios experimentales | 11 |
| 3.3 | Metodología experimental | 14 |
| 3.4 | Variables estudiadas | 15 |
| 3.5 | Análisis estadístico | 16 |
| 3.6 | Metodología del análisis | 23 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSION | 31 |
| 4.1 | Análisis de estabilidad y rendimiento | 31 |
| 4.2 | Características Agronómicas | 39 |
| 5. | CONCLUSIONES | 41 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 43 |
| 7. | RESUMEN | 45 |
| 8. | BIBLIOGRAFIA | 47 |
| 9. | APENDICE | 51 |

I. INTRODUCCION

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 y que se adapten a la mayor parte de las situaciones que se presentan en estos países. (Márquez y Cordova 1977).

Dentro de las poblaciones mejoradas de plantas, las variedades criollas de maíz pueden satisfacer tal cualidad, pues a su mayor economía y facilidad en la producción de su semilla, se espera que tengan una mayor adaptabilidad dada su estructura genotípicamente heterogénea.

En el altiplano medio de Guatemala (1500-2000 m.s.n.m.) la mayoría de agricultores siembran las asociaciones maíz-frijol y maíz-frijol-haba, acostumbrando el cultivo de las leguminosas unicamente para satisfacer sus necesidades de consumo, mientras que el maíz sí le produce alguna rentabilidad. En esta zona existen variedades criollas de maíz con alto potencial de rendimiento pero con período vegetativo largo y gran altura de planta; características que son indeseables y que pueden mejorarse con un buen programa de mejoramiento, pero antes es necesario identificar los materiales deseables.

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. (Cordova y otros 1975).

Con el objeto de desarrollar variedades de maíz que a corto plazo ayuden a impulsar la producción nacional, se han utilizado los parámetros de estabilidad para evaluar 16 variedades criollas colectadas en el área de Chimaltenango en comparación

con cuatro variedades mejoradas para dicha región.

Los objetivos de este estudio son:

1. Identificar los mejores materiales criollos para impulsar su producción a nivel comercial en el área de Chimaltenango.
2. Determinar las características agronómicas de los materiales evaluados, para poder mejorarlas posteriormente.
3. Ilustrar con un ejemplo práctico la estimación de los parámetros de estabilidad para la utilización por los investigadores interesados en este tipo de análisis.

HIPOTESIS:

Los rendimientos de las variedades evaluadas responderan diferentemente a través de los distintos ambientes de prueba.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 *Importancia del Análisis de Estabilidad*

Los fitomejoradores han considerado la importancia que tiene el conocer la influencia que ejerce el medio ambiente en el comportamiento de variedades seleccionadas para determinar su estabilidad y adaptabilidad ecológicas.

Lerner (1954) 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 fenotípica a través de los ambientes con una mayor heterocigocidad.

Cordova (1975) afirma que si el medio ambiente ejerciera solo una poca influencia sobre el comportamiento de las variedades evaluadas, no sería necesario conducir experimentos en varias localidades o años; un solo ambiente proveería la información adecuada del rango de adaptación de dichas variedades. Las pruebas de comportamiento cuando se analizan de la manera convencional, ofrecen la información sobre la interacción genotipo-ambiente, pero no dan una medida de la estabilidad de las variedades evaluadas.

2.2 *Formas a través de las cuales se puede exhibir la estabilidad*

Allard y Bradshaw (1967) describen dos formas a través de las cuales 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.

Añaden Allard y Bradshaw (1967) que en las especies de polinización libre hay bastante evidencia 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 en las líneas pero también más diversos entre ellas; de manera que pueden atribuirse a las diferencias genotípicas entre ellas, mientras que al comparar a las líneas como grupo con respecto a los híbridos como grupo, se tienen 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 (1962) 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 para las cruza dobles (12.31) que para las cruza simples (21.41).

2.3 *Estudios sobre parámetros de Estabilidad*

Sprague y Jenkins (1943) y Allard (1961) coinciden en que la mayor diversidad genética (cruza múltiples en maíz 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 6 poblaciones de maíz representantes de cuatro grados de heterocigocidad: Líneas endógamicas (0o/o), F₃ y RC₂ (25o/o), F₂ y RC₁ (50o/o) y F₁ (100o/o). Para el caracter rendimiento tomando a la componente de varianza entre ambientes como criterio (σ_e^2), encontraron asociado un mayor grado de heterocigocidad con mayores tamaños de σ_e^2 , o sea con una menor estabilidad. En relación a la diversidad genética, los autores encontraron "sorpresivo" que las poblaciones F₂, F₃ y RC₁ y RC₂ (heterogéneas) no fueron más estables que la del grupo de líneas (homogéneas), añadiendo que las F₁ deberían haber sido también más estables que las líneas. Con respecto a la componente σ_{VE}^2 no hubo una asociación clara con el nivel de heterocigocidad, presentándose descendientemente su tamaño como sigue: Líneas, F₁, RC₁, F₃, RC₂ y F₂; o sea que las líneas y las F₁ interaccionaron más con los ambientes. En el análisis de regresión de cada grupo sobre los ambientes, de acuerdo al método de Finlay y Wilkinson (1963), los mayores cuadrados medios para las desviaciones de regresión correspondieron también a las líneas y a las F₁, mientras que los coeficientes de regresión (B) aumentaron con un mayor grado de heterocigocidad.

Smith et al (1967), usando los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (1966), encontraron coeficientes de regresión mayores que 1 en genotipos de soya de alto rendimiento y viceversa.

Russell y Eberhart (1968), al comparar líneas endogámicas de maíz prolíficas y no 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.

Eberhart y Russel (1969) 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) estudiaron la estabilidad de dos variedades de maíz y sus progenies F_1 , F_2 y 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 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 ó son superiores a éste; en tanto que en el grupo de bajo rendimiento los coeficientes B no difieren de 1 ó son inferiores a este valor. Con respecto al parámetro S_d^2 , en el grupo bajo, 9 de 16 estimaciones (560/0) son estadísticamente significativas, mientras que en el grupo alto sólo lo son 5 de 16 (310/0). Con esta premisa estimaron los coeficientes de correlación posibles entre las medias de rendimiento y los parámetros B y S_d^2 . En las diferentes agrupaciones de las variedades solo dos coeficientes r 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 y de B con S_d^2 .

Reich y Atkins (1970) 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 Eberhart 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 (1971) evaluó 5 mestizos del tipo línea X H-28 y al 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 Márquez (1970) entre medias 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, cruzas simples y cruzas de 3 líneas. Encontró menor estabilidad en las líneas y no encontró diferencias entre los dos tipos de cruzas.

Bush et al (1976) evaluaron a 8 variedades de trigo y a sus cruzas posibles en 6 ambientes como cruzas masivas F_2 , y en 5 ambientes como cruzas masivas F_3 . Las cruzas masivas exhibieron esencialmente el mismo rango de respuesta a los ambientes que las variedades y no tuvieron significamente más bajas desviaciones de regresión que las variedades. Por otra parte, existió correlación positiva y altamente significativa ($r = 0.73$) entre medias de rendimiento de las cruzas masivas y los coeficientes B, más no

entre aquellos $S_{\frac{1}{2}}^2$ ($r = 0.25$). 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 ($r = 0.72$).

Baihaki et al (1976) evaluaron 44 líneas y 4 cultivares de soya durante 3 años en dos localidades. De la interacción genotipo x ambiente total, aproximadamente el 50o/o, el 25o/o y el 25o/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 fue significativamente superior a 1, mientras que para el grupo bajo fue significativamente menor que 1. Los promedios de las desviaciones de regresión ($S_{\frac{1}{2}}^2$) 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 medidas de las líneas". Concluyen que en general, el grupo de rendimiento medio fue el más estable y el rendimiento bajo el menos estable.

Vega (1975) evaluó los cruzamientos entre variedades y cruza simples de los híbridos de clima caliente humedo con las variedades y cruza simples de clima caliente seco en cuatro ambientes. Encontrando que en general las cruza ($L_3 \times L_4$) x ($T_2 \times T_3$) y ($L_3 \times L_4$) x ($T_{11} \times T_{12}$) fueron las que tuvieron un buen comportamiento y estabilidad. Estimó que los híbridos formados con líneas de germoplasma de diversos orígenes tienen estabilidad y buen comportamiento en medios ambientes favorables, en tanto que las variedades NLVS-1, Tuxpeño planta baja y su generación F_1 , tienen buen comportamiento en medios ambientes desfavorables y son estables en los diferentes medios ambientes.

Marquez y Cordova (1975) evaluaron el efecto de líneas endogámicas sobre el comportamiento de sintéticos en maíz. En general los rendimientos medios y altos corresponden valores de B iguales o mayores que 1, y para rendimientos bajos, menores que 1. Los coeficientes de correlación (r) entre medias de rendimiento y coeficientes de regresión (B) mostró una asociación positiva y altamente significativa, y negativa entre medias de rendimiento y desviaciones de regresión (S_d^2) aunque no significativa.

Salguero (1977), evaluó el rango de adaptación de 4 híbridos y 6 variedades de maíz en el sur oriente de Guatemala. Encontrando que el híbrido H-5 se clasifica, según sus parámetros de estabilidad ($B = 1$ y $S_d^2 > 0$), como una variedad con buena respuesta relativa en todos los ambientes, pero inestable. El híbrido H-S1 se muestra con una estabilidad un tanto similar a la del H-5 pero con mejor rendimiento en ambientes favorables. La variedad mejorada ICTA B1-C4 se considera estable para los distintos ambientes de prueba; en base a sus parámetros $B = 1$ $S_d^2 = 0$. La variedad ACROSS 7423 se comportó como una variedad que responde relativamente mejor en condiciones adversas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 *Material Biológico*

Se evaluaron 16 variedades criollas y 4 variedades mejoradas de maíz, las cuales son:

1. Criollo 57 Amarillo de Santa Apolonia
2. Criollo 70 Amarillo de Tecpán
3. Criollo 48 Amarillo de Balanyá
4. Criollo 4 Amarillo de Chimaltenango
5. Criollo 39 Amarillo de Comalapa
6. Criollo 44 Amarillo de Comalapa
7. Criollo 34 Amarillo de Patzicía
8. Criollo 76 Amarillo de Tecpán
9. Criollo 89 Amarillo de Balanyá
10. Criollo 85 Amarillo de Patzún
11. Criollo 46 Blanco de Comalapa
12. Criollo 51 Blanco de Balanyá
13. Criollo 78 Blanco de Tecpán
14. Criollo 33 Blanco de Patzicía
15. Criollo 91 Blanco de Santa Apolonia
16. Criollo Local
17. V-301
18. San Marceño
19. Guateían Xela
20. Barcena-71

3.2 *Localización de los sitios experimentales*

Se evaluó el rendimiento y estabilidad de las 16 variedades criollas y 4 variedades mejoradas mediante el desarrollo de 9 ensayos uniformes sembrados en 5 distintas localidades del departamento de Chimaltenango:

| | |
|-------------------|-----------|
| 1) Patzún | 2 ensayos |
| 2) Patzicía | 2 ensayos |
| 3) Tecpán | 2 ensayos |
| 4) Santa Apolonia | 2 ensayos |
| 5) Chimaltenango | 1 ensayo |

CUADRO 1: LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LAS LOCALIDADES

| | Coordenadas Geográficas | | Altura M.S.N.M. | Preci. \bar{X} anual m.m | Temp. \bar{X} anual °C |
|---------------|-------------------------|-------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | Lat. Norte | Long. Oeste | | | |
| Patzún | 14° 41' | 91° 01' | 2235 | 1588 | 10.4 |
| Patzicía | 14° 37' 00" | 90° 54' 02" | 2200 | 1292.4 | 8.97 |
| Tecpán | 14° 44' | 90° 58" | 2360 | 732.5 | 10.7 |
| Sta. Apolonia | 14° 45' 34" | 91° 03' 18" | 2300 | 1481.7 | 10.0 |
| Chimaltenango | 14° 39' 20" | 90° 49' 20" | 1800.7 | 1587.7 | 17.9 |

Datos del Observatorio Meteorológico de Guatemala.

Los sitios experimentales fueron seleccionados en base a que fuesen representativos de las condiciones ecológicas prevalecientes en la región.

En el cuadro 1, se sintetizan los datos de localización, altura sobre el nivel del mar, coordenadas geográficas, precipitación y temperatura para cada localidad.

3.3 *Metodología Experimental*

Con el objeto de buscar soluciones inmediatas al aumento de la producción de maíz en la zona del altiplano medio, se colectaron en 1977, 95 colecciones criollas. Considerando los resultados de los ensayos de finca conducidos por el equipo de prueba de Tecnología de ICTA en 1976 y por apariencia fenotípica y potencial de rendimiento se seleccionaron 16 variedades criollas y 4 testigos.

3.3.1 *Preparación del terreno*

Esta actividad fue realizada en cada uno de los sitios experimentales de acuerdo a la práctica acostumbrada en la región, que consiste en la destrucción de rastrojos del cultivo anterior.

3.3.2 *Siembra*

Las distancias de siembra fueron: 0.90 metros entre surcos y 0.50 metros entre posturas (3 semillas por postura). Se efectuó un raleo, 15 días después de la germinación dejando 2 plantas por postura para tener una población final de 44,444 plantas por hectárea.

3.3.3 *Fertilización*

La aplicación que se hizo fue de 75-40-0. Aplicando el

nitrógeno así:

- 30 kilogramos/Ha. a la siembra
- 25 kilogramos/Ha. a los 40 días
- 20 kilogramos/Ha al inicio de la floración.

La aplicación del fósforo, se hizo en su totalidad al momento de la siembra.

3.3.4 Cosecha

La cosecha se hizo cuando el grano contenía menos del 22o/o de humedad e inmediatamente se determinó la humedad para expresar los rendimientos en base a una humedad uniforme del 15o/o.

3.3.5 Diseño de campo

El área total para cada uno de los ensayos fue de 2016 metros cuadrados. Cada una de las unidades experimentales quedó formada así: 4 surcos de 5 metros de largo por 0.90 metros de separación entre sí, ocupando un área total de 18.0 metros cuadrados. Las repeticiones quedaron separadas entre sí por calles de 2 metros de ancho, y un surco borde a cada lado de los ensayos.

3.4 Variables estudiadas

a) días a flor, se consideró 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 donde está colocada la mazorca

superior.

d) Rendimiento, se cosecharon los 2 surcos centrales, plantas con competencia completa.

3.5 *Análisis Estadístico*

3.5.1 *Diseño Experimental*

Las 20 variedades de maíz fueron evaluadas utilizando un diseño de bloques completos al azar, en donde cada bloque contiene 20 tratamientos. El número de repeticiones de cada experimento fue 4.

El modelo del diseño bajo el cual se efectuó el análisis de varianza es el siguiente:

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

en donde

- i = 1,2, v = variedades
- j = 1,2, r = repeticiones
- X_{ij} = valor del caracter estudiado en la prueba en la j -ésima repetición
- μ = 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 2: Análisis de varianza apropiado 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

3.5.2 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), es las medias de rendimiento en los distintos ambientes de prueba. Para ello cada sitio experimental fue considerado como un ambiente. El modelo mencionado es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + B_i I_j + S^2 d_{ij}$$

en donde

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

μ_i = la media de la i-ésima variedad a través de todos los ambientes.

B_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la variedad i en varios ambientes.

I_j = Índice ambiental obtenido como el promedio de todas las variedades en el j-ésimo ambiente menos la media general.

S^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 3 se presenta el análisis de varianza apropiado para la estimación de los parámetros de Estabilidad.

CUADRO 3:

| Fuentes de Variación | G. de L. | Suma de cuadrados | |
|-----------------------|--------------|--|-----------------|
| Total | nv-1 | $\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - F. C.$ | CM ₁ |
| Variedades (V) | v-1 | $\frac{1}{n} \sum_i \bar{Y}_i^2 - F.C.$ | |
| Ambientes (A) | 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 | $\frac{1}{v} (\sum_i Y_{j.} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$ | |
| Vars. x Amb. (lineal) | v-1 | $\sum_i (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 - S.C.A. (lin)$ | CM ₂ |
| Desv. Ponderadas | v(n-2) | $\sum_i \sum_j \delta_{ij}^2$ | CM ₃ |
| Variedad I | n-2 | $(\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(y_i)^2}{n}) - (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$ | |
| Variedad V | n-2 | $(\sum_j Y_{vj}^2 - \frac{y^2}{n}) - (\sum_j Y_{vj} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$ | |
| 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 para 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 resulte se divide, a su vez, entre el número de repeticiones consideradas 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) y que se ilustra en el cuadro 4.

CUADRO 4: Interpretación de los Parámetros de Estabilidad según CARBALLO y MARQUES (1970)

| Categoría | B_i | S_{di}^2 | Descripción |
|-----------|-------|------------|--|
| a) | = 1 | = 0 | Variedad Estable |
| b) | = 1 | > 0 | Buena respuesta en todos los ambientes, inconsistente |
| c) | < 1 | = 0 | Responde mejor en ambientes desfavorables, consistente |
| d) | < 1 | > 0 | Responde mejor en ambientes desfavorables, inconsistente |
| e) | > 1 | = 0 | Responde mejor en buenos ambientes, consistente |
| f) | > 1 | > 0 | Responde mejor en buenos ambientes, inconsistente |

3.5.3 Prueba de Significancia

3.5.3.1 La significancia de las diferencias entre medias varietales (hipotesis nula, $H_0 : V_1 = V_2 = \dots V$) se efectuó

mediante la prueba de F

$$F = CM_1 / CM_3$$

- 3.5.3.2 La hipótesis de que no hay diferencias genéticas entre las variedades para su regresión sobre los índices ambientales se efectuó mediante la siguiente prueba de F

$$F = CM_2 / CM_3$$

- 3.5.3.3 La hipótesis (H₀) de que las desviaciones de regresión para cada variedad son estadísticamente iguales a cero se efectuó mediante la prueba de F

$$F = \sum_j \hat{d}_{ij}^2 / n-2 / \text{error ponderado}$$

- 3.5.3.4 La hipótesis de que los coeficientes de regresión, son estadísticamente iguales a 1 se realiza mediante la prueba de t

$$t = \frac{B_i - 1}{\sqrt{cmc / \sum_j I_j^2}}$$

cmc = cuadrado medio
del error ponderado

El comportamiento de cada variedad en cada ambiente se puede predecir usando los estimadores de los parámetros V_i, B_i como:

$$Y_{ij} = \bar{X}_i + B_i I_j$$

Una variedad criolla deseable es aquella que posee los

siguientes atributos:

un coeficiente de regresión igual a la unidad ($B_i = 1$)
desviaciones de regresión cercanas a cero ($S_{di}^2 = 0$) la
media de rendimiento muy alta

3.5.4 Comparación Múltiple de Medias

En base al análisis de varianza utilizado en el diseño del 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

$$\text{error estándar} = S_x = \frac{\sqrt{\text{cmc}}}{r}$$

en donde

cmc = cuadrado medio del error ponderado
r = número de localidades

3.5.4 Correlaciones entre rendimiento y Parámetros de estabilidad:

Para medir el grado de asociación existente entre rendimiento y los parámetros de estabilidad se calculó el coeficiente de correlación simple entre medias de rendimiento de variedades y coeficientes de regresión y desviaciones de regresión, usando la fórmula:

$$r = \frac{\sum x y}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

$\sum x y$ = suma de productos de las desviaciones
 $\sum x^2 \sum y^2$ = es el producto de la suma de cuadrados de las desviaciones al cuadrado, para las variables x y.

3.6 Metodología del Análisis (tomado de Palomo Gil 1977)*

3.6.1 Suma de cuadrados

Del cuadro (5) que concentra los rendimientos medios varietales por ambiente de prueba, se siguen los siguientes pasos:

Se efectúa un análisis de varianza de un diseño completamente al azar para obtener los valores de las sumas de cuadrados del total, variedades y el residual

$$S. C. Total = \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(\sum_i \sum_j Y_{ij})^2}{vn} \dots\dots(1)$$

v = variedades
n = ambientes

$$= \frac{(2998)^2 + (3846)^2 + \dots + (1702)^2 - (653.004)^2}{9 \times 20} = 259.5609$$

$$S. C. Variedades = \frac{\sum_i Y_i^2}{n} - \frac{(\sum_i \sum_j Y_{ij})^2}{vn} \dots\dots(2)$$

$$= \frac{(31.52)^2 + (34.18)^2 + \dots + (33.11)^2 - (653.004)^2}{9 \times 20} = 26.9455$$

$$S. C. Residual (ambiente) = \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{\sum_i Y_i^2}{n} \dots\dots(3)$$

$$= (1) - (2) \\ = 259.5609 - 26.9455 = 232.6154$$

* El análisis está expresado en Ton./Ha.

La suma de cuadrados del residual comprime el efecto ambiental y el genético ambiental.

De la suma de cuadrados del residual se extraen las sumas de cuadrados correspondientes a la regresión ambiental (lineal) y a la interacción genético-ambiental (lineal).

a) Cálculo de la suma de cuadrados de ambiente (lineal)

$$\begin{aligned} \text{S.C.A. (lineal)} &= \frac{1}{v} (\sum_j Y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 \dots\dots (4) \\ &= \frac{1}{20} (3.49(-0.139) + 3.99(0.366) + \dots\dots + \\ &\quad 2.43(-1.20))^2 / \sum_j I_j^2 \end{aligned}$$

El índice ambiental se calcula:

$$I_j = (\sum_i Y_{ij} / v) - (\sum_i \sum_j Y_{ij} / vn)$$

Indice ambiental PATZUN 1

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{(2.998 + 3.846 + \dots + 3.474)}{20} - (2.998 + 3.846 \\ &\quad + \dots + 1.702) = 0.139 \end{aligned}$$

Indice ambiental PATZUN 2

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{(3.561 + 4.322 + \dots + 4.170)}{20} - (2.998 + 3.846 + \\ &\quad \dots + 1.702) = 0.366 \end{aligned}$$

Indice ambiental PATZICIA 1

$I_3 = \text{etc.}$

de donde:

$$\sum_j I_j^2 = (-0.139)^2 + (0.366)^2 + \dots + (-1.20)^2 = 8.607$$

..... (5)

por lo tanto:

$$\text{S.C.A. (lineal)} = \frac{1}{20}(8.608)^2 / 8.607 = 0.4304$$

b) Cálculo de la suma de cuadrados de la regresión genético ambiental (lineal).

$$\text{S.C.V. x A.(lineal)} = \sum_i (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 - \text{S.C.A. (lineal)} \dots \dots (7)$$

primero se estima $(\sum_j Y_{ij} I_j)^2 \dots \dots (6)$

$$\sum_j Y_{1j} I_j = 2.998(-0.1396) + 3.561(0.3661) + \dots + 1.687(-1.2004) = 9.5860$$

$$\sum_j Y_{2j} I_j = 3.846(-0.1396) + 4.322(0.3661) + \dots + (2.155(-1,2004)) = 8.3099$$

.

$$\sum_j Y_{20j} I_j = 3.474(-0.1396) + 4.170(0.3661) + \dots + 1.702(-1.2004) = 10.6294$$

Cada uno de los valores así obtenidos se elevan al cuadrado y se dividen entre la varianza del Indice ambiental $(\sum_j I_j^2)$

Los v valores obtenidos se suman

$$\sum_j Y_{ij} I_j ; (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$$



$$v_1 \quad 9.5860; (9.5860)^2 / 8.6075 = 10.6757$$

$$v_2 \quad 8.3099; (8.3099)^2 / 8.6075 = 8.0226$$

$$\begin{array}{ccc} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$$

$$v_{20} \quad 10.6294; (10.6294)^2 / 8.6075 = \underline{13.1262}$$

$$\sum_i (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 = 185.9122$$

a la suma total se le resta la S.C.A. (lineal); esta operación da como resultado final la S.C.V. x A.(lineal)

$$\begin{aligned} \text{S.C.V. x A.(lineal)} &= \sum_i (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 - \text{S.C.A.(lineal)} \\ &= 185.9122 - 0.4304 = 185.4818 \end{aligned}$$

La suma de cuadrados de las desviaciones ponderadas $\sum_i \sum_j d_{ij}^2$ se calcula:

$$\begin{aligned} \sum_i \sum_j d_{ij}^2 &= (\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \sum_i Y_i^2 / n) - \frac{1}{v} (\sum_j Y_j I_j)^2 / \sum_j I_j^2 \\ &\quad - \sum_i (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 - \text{S.C.A.(lineal)} \end{aligned}$$

es decir, resulta de restar de la suma de cuadrados del residual, las sumas de cuadrados correspondientes al ambiente (lineal) y a la interacción genético ambiental (lineal)

$$\begin{aligned} \sum_i \sum_j d_{ij}^2 &= \overset{(3)}{\text{S.C.Res.}} - \overset{(4)}{\text{S.C.A.(lineal)}} - \overset{(7)}{\text{S.C.V. x A.(lineal)}} \\ &= 232.6154 - 0.4304 - 185.4818 = 46.7032 \end{aligned}$$

La S.C. de las desviaciones Ponderadas se descompone en las sumas de cuadrados de desviaciones de regresión $\sum_j \widehat{d}_{ij}$ para cada una de las variedades

$$\sum_j \hat{d}_{ij}^2 = \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_i^2}{n} - \frac{(\sum_j Y_{ij} I_j)^2}{\sum_j I_j^2}$$

= S.C. total para la i-ésima variedad - S.C. de regresión para la i-ésima variedad

los valores de $(\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$ ya fueron calculados en la S.C. de la regresión genético-ambiental;

de donde:

$$\sum_j \hat{d}_{1j}^2 = \frac{(2.998)^2 + (3.561)^2 + \dots + (1.667)^2 - (2.998 + 3.561 + \dots + 1.667)^2}{9} - 10.6757 = 1.0669$$

$$\sum_j \hat{d}_{2j}^2 = (3.846)^2 + (4.322)^2 + \dots + (2.155)^2 - \frac{(34.18)^2}{9} - 8.0226 = 0.7281$$

$\begin{matrix} \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{matrix}$

$$\sum_j \hat{d}_{20j}^2 = (3.474)^2 + (4.170)^2 + \dots + (1.702)^2 - \frac{(33.112)^2}{9} - 13.1262 = 0.5404$$

Al término de estas operaciones se concentran los valores obtenidos para las sumas de cuadrados de las fuentes de variación indicados en una tabla de ANDEVA (cuadro 6).

3.6.2 El cuadrado medio del error conjunto (error ponderado) se obtiene de sumar las S.C. del error experimental de los análisis de varianza efectuados para cada experimento en particular (cuadro 7), 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 consideradas en los experimentos individuales.

| Localidad | | G. L. E. | S. C. E. |
|---------------|---|----------|----------|
| Patzún | 1 | 57 | 31.13 |
| | 2 | 57 | 30.56 |
| Patzicía | 1 | 57 | 26.54 |
| | 2 | 57 | 46.40 |
| Tecpán | 1 | 57 | 26.04 |
| | 2 | 57 | 13.49 |
| Sta. Apol. | 1 | 57 | 41.07 |
| | 2 | 57 | 22.68 |
| Chimaltenango | 1 | 57 | 19.22 |
| Totales | 9 | 513 | 257.13 |

$$Se^2 / r = \text{C.M.E.C.} = \frac{\sum^t}{K} = \frac{1 \text{ SCEK}}{r} / r$$

$$K = 1 \dots t$$

$$r = 4$$

$$N = GLE_1 + GLE_2 + \dots + GLE_9$$

$$\text{C.M.E.C.} = \frac{257.13}{513} / 4 = 0.1253$$

3.6.3 El comportamiento de cada variedad en cada ambiente puede predecirse usando los estimadores de los parámetros V_i y B_i como:

$$\widehat{Y}_{ij} = \bar{x}_i + b_i I_j$$

Variedad 3:

$$Y = 3.1264 + 1.03 (I_j)$$

Variedad 4:

$$Y = 4.2342 + 1.17 (I_j)$$

Variedad 5:

$$Y = 3.9168 + 1.59 (I_j)$$

Variedad 11:

$$Y = 3.9389 + 0.89 (I_j)$$

Variedad 16:

$$Y = 3.538 + 0.48 (I_j)$$

Variedad 17:

$$Y = 3.4084 + 0.71 (I_j)$$

Variedad 18:

$$Y = 2.6029 + 0.40 (I_j)$$

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 *Análisis de Estabilidad y Rendimiento*

En el análisis de varianza por localidad (cuadro 6), en los 9 sitios donde se establecieron los ensayos existieron diferencias significativas entre variedades. Los coeficientes de variación son aceptables, a excepción del Centro Experimental de ICTA (Chimaltenango), que fue de 24o/o.

El análisis de varianza utilizado para la estimación de los parámetros de estabilidad de las variedades evaluadas a través de todos los ambientes de prueba (cuadro 7), indica que las fuentes de variación variedad y la interacción variedad por ambiente lineal demostraron diferencias significativas; esto significa que hubo un comportamiento diferencial relativo entre las variedades de acuerdo a los ambientes, así como entre las variedades entre sí.

El criollo 89 de Santa Cruz Balanyá tiene muy buen comportamiento en la mayoría de las localidades donde fue evaluado y además ocupó el primer lugar en promedio de las 9 localidades; esta variedad criolla superó en 20o/o al mejor testigo blanco y en 25o/o al mejor testigo amarillo (cuadro 8); su coeficiente de regresión (b_i) fue similar a 1 y sus desviaciones de regresión ($S_{d_i}^2$) > 0 . Esto la clasifica como una variedad que tiene buena respuesta relativa a todos los ambientes pero inconsistentemente (cuadro 9).

El criollo 48 de Balanyá respondió en forma similar al 89, superando a los testigos en 20 y 23o/o respectivamente; las desviaciones de regresión indican que es consistente.

El criollo 34 amarillo de Patzicía fue clasificado como una variedad estable ($b_i \simeq 1$ y $S_{d_i}^2 \simeq 0$); su comportamiento es sobresaliente en todos los ambientes (cuadro 9). Por otra parte,

su rendimiento es similar al mejor de los criollos superando a los testigos en 11 y 140/o. Esto la identifica como una variedad deseable.

El criollo 78 Blanco de Tecpán responde mejor en ambientes ricos, ya que sus rendimientos relativos fueron más altos en las localidades con índices ambientales más altos: Patzún-2, Tecpán-1 y Santa Apolonia-1 (cuadro 5). Sus parámetros de estabilidad fueron $b_i = 1.59$ y $S_{di}^2 = 0.36$.

CUADRO No. 5: RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE 20 VARIETADES DE MAIZ EN 9 LOCALIDADES DE CHIMALTENANGO, EXPRESADOS EN Kg/Ha. AL 15o/o DE HUMEDAD.

| GENEALOGIA | Patzún | | Patzicía | | Tecpán | | S. Apolonia | | Centro Expm. | y _i | \bar{y}_i |
|---------------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|-------------|--------|-----------------|----------------|-------------|
| | Loc. 1 | Loc. 2 | Loc. 1 | Loc. 2 | Loc. 1 | Loc. 2 | Loc. 1 | Loc. 2 | | | |
| Criollo - 57 | 2998 | 3561 | 3994 | 5668 | 4238 | 3234 | 4239 | 2006 | 1687 | 31.52 | 3.50 |
| Criollo - 70 | 3846 | 4322 | 3726 | 5413 | 4376 | 3746 | 4376 | 2220 | 2155 | 34.18 | 3.80 |
| Criollo - 46 | 2699 | 3559 | 2279 | 5728 | 3974 | 3115 | 3041 | 2288 | 1955 | 28.14 | 3.13 |
| Criollo - 48 | 3435 | 4863 | 3848 | 6695 | 4833 | 4237 | 4834 | 2799 | 2564 | 38.11 | 4.23 |
| Criollo - 78 | 3063 | 4258 | 3028 | 7054 | 5771 | 3581 | 4912 | 2401 | 1283 | 35.25 | 3.92 |
| Criollo - 4 | 1841 | 3985 | 3309 | 5939 | 5091 | 3206 | 4113 | 1618 | 3620 | 32.72 | 3.64 |
| Criollo - 39 | 3737 | 4092 | 4241 | 6359 | 4261 | 3380 | 4261 | 2525 | 2394 | 35.25 | 3.92 |
| Criollo - 51 | 3733 | 4439 | 3221 | 7271 | 3767 | 3770 | 3674 | 2438 | 1763 | 34.08 | 3.78 |
| Criollo - 44 | 3549 | 4108 | 3865 | 5932 | 3374 | 3427 | 3374 | 2572 | 2173 | 32.37 | 3.60 |
| Criollo - 33 | 3132 | 3520 | 2537 | 4669 | 4719 | 3140 | 3055 | 868 | 1107 | 26.75 | 2.97 |
| Criollo - 34 | 4570 | 4519 | 3873 | 5935 | 3687 | 3981 | 3687 | 2181 | 3017 | 35.45 | 3.94 |
| Criollo - 76 | 4037 | 5195 | 3425 | 5973 | 4566 | 3430 | 4040 | 2173 | 2111 | 34.95 | 3.88 |
| Criollo - 89 | 4761 | 5248 | 4945 | 6589 | 4099 | 3298 | 4099 | 2868 | 2382 | 38.28 | 4.25 |
| Criollo - 85 | 3881 | 4845 | 3090 | 5475 | 4044 | 3503 | 4045 | 2078 | 1880 | 32.84 | 3.65 |
| Criollo Local | 3919 | 4267 | 3235 | 5673 | 3271 | 3659 | 3271 | 2124 | 3761 | 33.18 | 3.69 |
| V - 301 | 3287 | 3187 | 4267 | 5104 | 3860 | 2206 | 3041 | 2130 | 4860 | 31.84 | 3.54 |
| San Marceno | 3585 | 2688 | 3660 | 4923 | 3991 | 2678 | 3991 | 2385 | 2576 | 30.68 | 3.41 |
| Guateián Xela | 2381 | 1878 | 2967 | 3093 | 3864 | 1889 | 3274 | 2016 | 2064 | 23.43 | 2.60 |
| Barcena - 71 | 3637 | 3274 | 3598 | 4713 | 4160 | 1860 | 4160 | 1971 | 3494 | 30.87 | 3.43 |
| Criollo - 91 | 3474 | 4170 | 3610 | 6188 | 4324 | 3025 | 4324 | 2295 | 1702 | 33.11 | 3.68 |
| | | | | | | | | | | 653.00 | 3.63 |
| \bar{y}_j | = | 3.49 | 3.99 | 3.50 | 5.72 | 4.21 | 3.22 | 3.88 | 2.20 | 2.43 | |
| I_j | = | -0.139 | 0.366 | -0.122 | 2.09 | 0.585 | -0.409 | 0.257 | -1.43 | -1.20 | |

CUADRO No. 6: ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO (TON/HA) POR LOCALIDAD EN ENSAYOS DE VARIEDADES CRIOLLAS. CHIMALTENANGO, 1977

| F de V | G.L. | Sta. Apolonia | | Patzún | | Patzicía | | Tecpán | | Centro |
|---------|------|---------------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| Bloques | 3 | 11.41 | 1.21 | 0.27 | 7.39 | 2.20 | 12.03 | 8.02 | 0.93 | 1.03 |
| Trat. | 19 | 1.27* | 0.67NS | 1.9** | 2.64** | 2.12** | 3.55** | 1.59** | 1.62** | 3.4** |
| Error | 57 | 0.46 | 0.40 | 0.55 | 0.54 | 0.47 | 0.81 | 0.72 | 0.24 | 0.34 |
| C.V. | = | 17.43 | 29.0 | 21.25 | 18.14 | 20.10 | 15.82 | 20.3 | 15.21 | 24.0 |
| MDS | = | 0.960 | 0.890 | 1.050 | 1.03 | 0.970 | 1.270 | 1.020 | 0.690 | 0.820 |

* Significativo al 5o/o de Probabilidad.

** Significativo al 1o/o de Probabilidad

N.S. No Significativo

CUADRO No. 7: ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTABILIDAD DE 20 VARIEDADES EVALUADAS EN NUEVE LOCALIDADES. CHIMALTENANGO 1977.

| Fuente de Var. | G. de L. | S.C. | C.M. | Fc |
|------------------|----------|--------------|------------------------|---------|
| Total | 179 | 259.5609 | | |
| Variedades (V) | 19 | 26.9455 | 1.4182 CM ₁ | 4.25** |
| Ambiente (A) | 160 | 232.6154 | | |
| V x A | 152 | | | |
| Amb. (Lineal) | 1 | 0.4304 | | |
| V x A (Lineal) | 19 | 185.4818 | 9.7622 CM ₂ | 29.26** |
| Desv. Ponderadas | 140 | 46.7032 | 0.3336 CM ₃ | |
| Var. 1 | 7 | 1.0669 | 0.1524 | 1.22NS |
| 2 | 7 | 0.7281 | 0.1040 | 0.83 NS |
| 3 | 7 | 2.5342 | 0.3620 | 2.89* |
| 4 | 7 | 0.9599 | 0.1371 | 1.09NS |
| 5 | 7 | 3.4281 | 0.4897 | 3.91* |
| 6 | 7 | 5.3255 | 0.7608 | 6.07** |
| 7 | 7 | 0.4575 | 0.0654 | 0.52NS |
| 8 | 7 | 2.2882 | 0.3366 | 2.61* |
| 9 | 7 | 1.3673 | 0.1953 | 1.56NS |
| 10 | 7 | 2.7586 | 0.3941 | 3.15* |
| 11 | 7 | 1.9064 | 0.2723 | 2.17* |
| 12 | 7 | 1.2669 | 0.1810 | 1.44NS |
| 13 | 7 | 2.8922 | 0.4132 | 3.30* |
| 14 | 7 | 1.5333 | 0.2190 | 1.75NS |
| 15 | 7 | 2.8734 | 0.4105 | 3.28* |
| 16 | 7 | 6.8997 | 0.9857 | 7.87** |
| 17 | 7 | 1.6828 | 0.2404 | 1.92NS |
| 18 | 7 | 2.7607 | 0.3944 | 3.15* |
| 19 | 7 | 3.4351 | 0.4907 | 3.92* |
| 20 | 7 | 0.5404 | 0.0772 | 0.62NS |
| Error Ponderado | 513 | | 0.1253 | |
| | | MDS = 0.4906 | CV = 9.75o/o | |

CUADRO No. 8: MEDIAS DE RENDIMIENTO, o/o EN RELACION A LOS TESTIGOS Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LAS 20 VARIEDADES EVALUADAS EN CHIMALTENANGO, 1977.

| GENEALOGIA | Rend. G.** Kg/Ha | o/o al V-301 | o/o al B-71 | Altura Planta | Altura Mazorca | Días Flor |
|---------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|------------------|-------------------|--------------|
| Criollo-89 Amarillo de Balanyá | 4250 | 120 | 123 | 247 | 144 | 122 |
| Criollo-48 Amarillo de Balanyá | 4230 | 120 | 123 | 252 | 144 | 123 |
| Criollo-34 Amarillo de Patzicía | 3940 | 113 | 114 | 252 | 143 | 124 |
| Criollo-78 Blanco de Tecpán | 3920 | 112 | 114 | 272 | 171 | 129 |
| Criollo-39 Amarillo de Comalapa | 3920 | 112 | 114 | 256 | 143 | 124 |
| Criollo-76 Amarillo de Tecpán | 3880 | 111 | 113 | 267 | 159 | 125 |
| Criollo-70 Amarillo de Tecpán | 3800 | 108 | 110 | 272 | 160 | 128 |
| Criollo-51 Blanco de Balanyá | 3790 | 108 | 110 | 280 | 172 | 132 |
| Criollo- 4 Amarillo de Chimaltenango | 3640 | 103 | 107 | 279 | 185 | 140 |
| Criollo Local | 3690 | 105 | 109 | 271 | 168 | 130 |
| Criollo-91 Blanco | 3680 | 105 | 108 | 270 | 165 | 133 |
| Criollo-85 Amarillo de Patzún | 3650 | 103 | 106 | 261 | 157 | 127 |
| Criollo-44 Amarillo de Comalapa | 3600 | 102 | 106 | 264 | 163 | 128 |
| Criollo-57 Amarillo de Santa Apolonia | 3500 | 99 | 104 | 270 | 168 | 131 |
| Criollo-46 Blanco de Comalapa | 3130 | 88 | 102 | 278 | 171 | 135 |
| Criollo-33 Blanco de Patzicía | 2970 | 84 | 91 | 292 | 187 | 137 |
| Testigos: | | | | | | |
| V-301 | 3540 | 100 | 103 | 256 | 140 | 139 |
| San Marceño | 3410 | 96 | 99 | 197 | 105 | 109 |
| Bárcena-71 | 3430 | 97 | 100 | 223 | 126 | 127 |
| Guateián Xela | 2600 | 73 | 76 | 171 | 92 | 102 |

Mejor Testigo

** Promedio de 9 localidades y 36 repeticiones en total.

CUADRO No. 9: PARAMETROS DE ESTABILIDAD Y PRUEBA DE DUNCAN PARA MEDIAS DE RENDIMIENTO DE VARIETADES CRIOLLAS EVALUADAS Y EN NUEVE LOCALIDADES. CHIMALTENANGO, 1977.

| GENEALOGIA | Rendimiento * | o/o de | | Coef. de Reg. B_i | Desv. de Reg. S_{di}^2 |
|---------------|---------------|--------|------|------------------------|-----------------------------|
| | | V-301 | B-71 | | |
| Criollo-89 | 4.25a | 120 | 125 | 1.11 NS | 0.29* |
| Criollo-48 | 4.23a | 120 | 124 | 1.17* | 0.01NS |
| Criollo-34 | 3.94a | 113 | 116 | 0.89NS | 0.15NS |
| Criollo-78 | 3.92ab | 112 | 115 | 1.59** | 0.36** |
| Criollo-39 | 3.92ab | 112 | 115 | 1.10NS | 0.06NS |
| Criollo-76 | 3.88ab | 111 | 114 | 1.17* | 0.06NS |
| Criollo-70 | 3.80ab | 108 | 111 | 0.97NS | 0.02NS |
| Criollo-51 | 3.79ab | 108 | 111 | 1.39** | 0.20* |
| Criollo Local | 3.69abc | 105 | 108 | 0.72* | 0.29* |
| Criollo-91 | 3.68abc | 105 | 108 | 1.23* | 0.05NS |
| Criollo-85 | 3.65 bcd | 103 | 107 | 1.05NS | 0.09NS |
| Criollo- 4 | 3.64 bcd | 103 | 107 | 1.08NS | 0.64** |
| Criollo-44 | 3.60 bcd | 102 | 106 | 0.94NS | 0.07NS |
| V-301 | 3.54 bcd | 100 | 104 | 0.48** | 0.86** |
| Criollo-57 | 3.50 bcd | 99 | 103 | 1.11NS | 0.03NS |
| Bárcena-71 | 3.43 bcd | 97 | 100 | 0.58** | 0.37** |
| San Marceño | 3.41 bcd | 96 | 100 | 0.71** | 0.12NS |
| Criollo-46 | 3.13 cde | 88 | 92 | 1.03NS | 0.24* |
| Criollo-33 | 2.97 de | 84 | 87 | 1.16* | 0.27* |
| Guateián Xela | 2.60 e | 73 | 76 | 0.40** | 0.27* |

CV = 9.75

* Rendimiento en toneladas por hectárea de grano al 15o/o de humedad.

Márquez y Cordova (1975) proponen que, de acuerdo a la evidencia experimental, no es la mayor heterogeneidad genotípica de las poblaciones la que les confiere mayor estabilidad al cambio ambiental, aunque en casos individuales si puede suceder. Las variedades criollas evaluadas pueden considerarse como heterogeneas, pues poseen una gran variabilidad en su germoplasma, debido a las condiciones en que han estado por muchos años; de esta manera se encuentran variedades criollas estables como el crillo 34 ($b_i \simeq 0$ y $S_{di}^2 \simeq 0$).

Las variedades mejoradas tuvieron una respuesta muy pobre a los ambientes donde fueron evaluados, mostrando adaptación estrecha. Los parámetros de estabilidad estimados para estas variedades, indican su completa inestabilidad, siendo muy sensibles a cambios ambientales.

La variedad V-301 tuvo un coeficiente de regresión de 0.48 y sus desviaciones de regresión fueron muy altas ($S_{di}^2 = 0.86$). El comportamiento de B-71 fue bastante similar al V-301, con rendimientos promedios muy bajos. La variedad Guateián Xela tuvo un comportamiento inestable, con coeficientes de regresión < 1 y desviaciones de regresión > 0 , siendo la variedad que promedió los más bajos rendimientos.

Los testigos (variedades mejoradas) alcanzaron sus más altos promedios de rendimiento en los ambientes más ricos; esto confirma claramente que la poca adaptación general de estas variedades, se debe a que su mejoramiento ha sido realizado unicamente en las estaciones experimentales o bien en ambientes completamente diferentes al lugar donde deben ser utilizados (Quetzaltenango y Chimaltenango).

Las estimaciones de coeficientes de correlación muestran clara correlación lineal positiva entre rendimiento y coeficiente de regresión ($r = 0.99$) (cuadro 10). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Cordova y Márquez (1975) y Carballo y

Márquez (1970), sin embargo el coeficiente de correlación calculado entre rendimiento y desviaciones de regresión ($r = 0.66$) no coincide con los reportados por estos autores con variedades sintéticas de maíz en el trópico; en ese caso el coeficiente de correlación fue más bajo ($r = 0.32$).

CUADRO 10: Coeficientes de Correlación simple entre medias de rendimiento y sus Coeficientes de Regresión y Desviaciones de Regresión.

| Parámetros de Estabilidad | Rendimiento |
|----------------------------|-------------|
| Coefficientes de Regresión | 0.99 |
| Desviaciones de Regresión | 0.66 |

En las figuras 1 y 2, puede visualizarse la línea de regresión de rendimientos sobre índices ambientales para las variedades de mayor importancia en este estudio.

Puede apreciarse la estabilidad del criollo 34, en ambientes desfavorables principia con valores relativamente altos y mantiene más o menos su rendimiento en los favorables. A través de la pendiente de cada una de las curvas se observa la inconsistencia de las variedades mejoradas, ya que sus rendimientos van decreciendo en los ambientes favorables y sus mejores promedios fueron alcanzados en ambientes ricos (cuadro 5).

4.2 Características Agronómicas

El criollo 89 expresó alturas de planta y mazorca bastante elevadas (cuadro 8), lo cual lo hace susceptible al acame. Su período a floración fué ligeramente superior al promedio de los testigos (3 días).

En términos generales los criollos manifestaron altura de planta y mazorca muy elevadas y período a floración muy largo, por lo que habrá que mejorar sus características agrónomicas si se quieren impulsar a nivel comercial.

5. CONCLUSIONES

Luego de haber efectuado el análisis del comportamiento de las variedades evaluadas y de acuerdo a los objetivos planteados en este trabajo, se concluye que:

- 5.1 Se han identificado variedades criollas con alto potencial de rendimiento y estabilidad, las cuales pueden impulsarse para su distribución comercial a corto plazo a la vez que se mejoran sus características agronómicas.
- 5.2 Las variedades criollas superaron a las variedades mejoradas en rendimiento y estabilidad.
- 5.3 Los parámetros de estabilidad estimados, son indicadores del comportamiento de las variedades evaluadas y pueden ser un buen instrumento para identificar germoplasma de gran utilidad en los programas de mejoramiento.

6. RECOMENDACIONES

Para tener información más aplicable sobre el comportamiento de las variedades criollas de Chimaltenango, es necesario que en futuros trabajos de evaluación se considere la siembra de maíz en asociación con el cultivo que el agricultor acostumbre, y que se utilicen de testigos las variedades criollas que van demostrando mejor rendimiento y estabilidad.

7. RESUMEN

Con el objeto de desarrollar variedades de maíz que a corto plazo ayuden a impulsar la producción de este cultivo, fueron evaluadas 16 variedades criollas, colectadas en el área de Chimaltenango en el altiplano medio de Guatemala, en comparación con cuatro variedades mejoradas para dicha región, utilizando el modelo de análisis de estabilidad de Eberhart y Russel (1966) a través de nueve localidades representativas del área.

Las variedades criollas superaron en rendimiento y adaptación a las variedades mejoradas.

Las variedades criollas 89, 48, y 34 fueron las más rendidoras, superando con 20, 20 y 130/o respectivamente al mejor testigo blanco y 25, 24 y 160/o al mejor testigo amarillo, no existiendo diferencias significativas entre las 3 variedades mencionadas.

El criollo 34 amarillo de Patzicía, clasificó como estable en base a la magnitud de sus parámetros de estabilidad (b_1 y S_{di}^2) y con media de rendimiento alta en relación a las variedades mejoradas, por lo que se considera deseable para la región en estudio.

Las variedades mejoradas para la región presentan poca adaptación y son muy sensibles a cambios ambientales.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD, R.W. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environments. *Crop Sci.* 1: 127-133. 1961.
2. ALLARD, R.W. y BRADSHAW, A.D. Implications of fenotype-environment interactions in applied plant-breeding. *Crop Sci.* 4: 503-507. 1964.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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* 5: 129-146. 1970.
7. CORDOVA, H.S. Efecto del número de líneas engodámicas sobre el rendimiento y estabilidad de las líneas sintéticas derivadas en maíz (*Zea mays* L.), *Chapingo, México, Colegio de postgraduados, 1975, 117 p. (Tesis Mag. Sc.)*.
8. EBERHART, S.A. y RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40. 1966.

9. ————— Yield and stability for a 10 -line diallel of single cross and double- cross maize hybrids. *Crop Sci.* 9: 357-359. 1969.
10. FALCONER, D.S. Introduction to Quantitative Genetics. New York, The Ronald Press Company. 1961. 412 p.
11. FINLAY, K. W. y WILKINSON, G.N. The Analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian J. Agric. Res.* 14: 742-754. 1963.
12. GIL, P.A. Estimación de los parámetros de estabilidad y su aplicación a la investigación agrícola en algodónero. México CIANE-INIA. 1977. 25 p.
13. JONES, D.F. Heterosis and homeostasis in evaluation and in applied genetics. *American Naturalist.* 92: 321-328. 1958.
14. JOWETT, D. Yield stability parameters for sorghum in east Africa. *Crop Sci.* 12: 314-317. 1972.
15. LERNER, I.N. Genetic Homeostasis. Edinburg. Oliver and Boyd. 1954. 618 p.
16. MARQUEZ-SANCHEZ, F. Relationship between genotype environmental interaction and stability parameters. *Crop Sci* 13: 577-579. 1973.
17. 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.
18. MEJIA, A., H. Selección de genotipos de maíz por rendimiento y estabilidad para áreas de temporal del

valle de Puebla. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 1971, 138 p. (Tesis Mag. Sc.).

19. REICH, V.H. y ATKINS, R.F. Yield stability of four populations types of grain sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, in different environments. *Crop Sci.* 10: 511-517. 1970.
20. ROWE, P.R. y ANDREW, R.H. Phenotypic stability for a systematic series of corn genotypes. *Crop Sci.* 4: 563-566. 1964.
21. 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.
22. 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. *Guat., Univ. de San Carlos, Fac. de Ag.* 1977, 83 p. (Tesis Ing. Agr.).
23. SHANK, D.B. y ADAMS, M.W. Environmental variability within inbred lines and single crosses of maize. *Genetics* 57: 119-126. 1960.
24. SIMONDS, N.W. Variability in crop plants, its use and conservation. *Briol. Rev.* 37: 422-465. 1962.
25. SMITH, R.R., BITH, D.F., CALDWELL, B.F. y C.R. WEBER. Phenotypic stability in soybean populations. *Crop Sci.* 7: 549-551. 1967.
26. SPRAGUE, G.F. y DENKINS, M.T. A comparison of synthetics, multiple crosses, and double crosses in corn,

27. VEGA LARA R.A. Adaptabilidad, en diferentes medios ambientes, de cruzamientos entre germoplasma de maíz (*Zea mays* L.) de clima caliente humedo y clima caliente seco. México, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 1975. 137 p. (Tesis de Mag. Sc.).

A P E N D I C E

FIGURA 1. LINEAS DE REGRESION ENTRE RENDIMIENTO E INDICES AMBIENTALES DE VARIETADES CRIOLLAS DE MAIZ EVALUADAS EN CHIMALTENANGO.

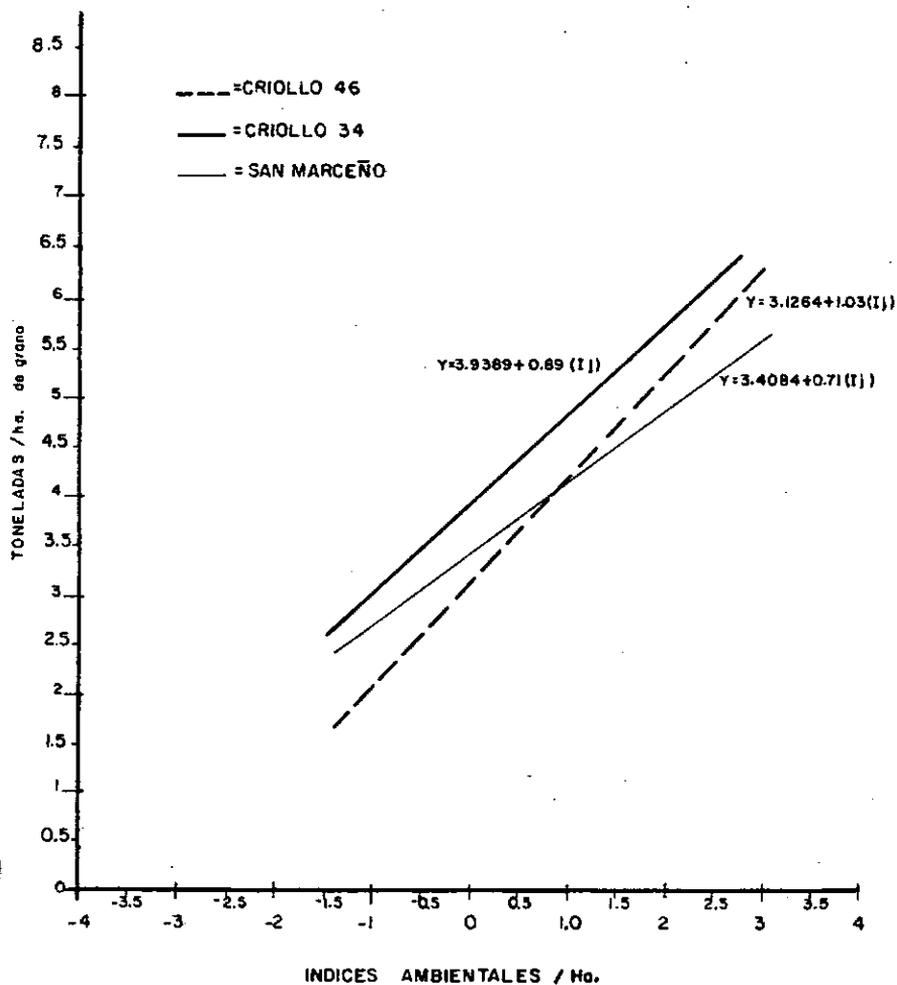
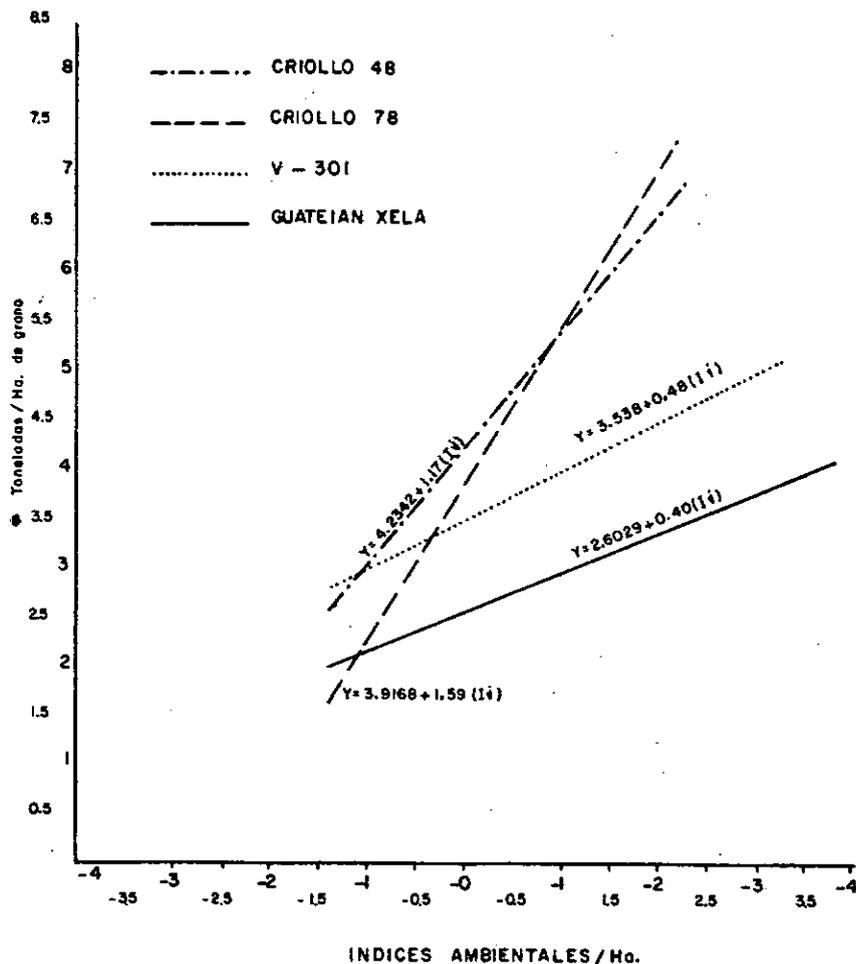


FIGURA 11 LINEAS DE REGRESION ENTRE RENDIMIENTOS E INDICES DE
VARIETADES CRIOLLAS EVALUADAS EN CHIMALTENANGO 1,977



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

| |
|-----------------|
| Referencia..... |
| Año..... |

IMPRIMASE:

A large, stylized handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rodolfo Estrada'.

ING. AGR. RODOLFO ESTRADA GONZALEZ
DECANO

