

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD
PARA MEDIR EL RANGO DE ADAPTACION DE 4 HIBRIDOS
Y 6 VARIEDADES DE MAIZ (Zea mays L.), EN EL SUR-
ORIENTE DE GUATEMALA.**

TESIS

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

POR

VICTOR EBERTO SALGUERO NAVAS

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS



Guatemala, Mayo de 1977.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector

Dr. Roberto Valdeavellano Pinot

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Vocal 2o.	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 3o.	Ing. Agr. Sergio Mollinedo B.
Vocal 4o.	P. A. Laureano Figueroa
Vocal 5o.	P. A. Carlos Leonardo L.
Secretario	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Examinador	Dr. Antonio Sandoval
Examinador	Ing. Agr. Carlos Aguirre
Examinador	Ing. Agr. Heber Rodríguez
Secretario	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

Dh
(1)
(045)

Guatemala, 4 de mayo de 1977.

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: ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA MEDIR EL RANGO DE ADAPTACION DE 4 HIBRIDOS Y 6 VARIEDADES DE MAIZ (*Zea mays* L.), EN EL SUR-ORIENTE DE GUATEMALA; presentado por el Prof. Victor Eberto Salguero Navas.

Concluida 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, 5 de mayo de 1977.

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

Señor Decano:

Adjunto a la presente, envío a usted la tesis intitulada: ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA MEDIR EL RANGO DE ADAPTACION DE 4 HIBRIDOS Y 6 VARIEDADES DE MAIZ (*Zea mays* L.), EN EL SUR-ORIENTE DE GUATEMALA; presentado por el universitario Víctor Eberto Salguero Navas, como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

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

Ing. Agr. Edgar E. Ríos
Coordinador, Programa de Frijol ICTA

DEDICO ESTE ACTO:

A mis Padres:

**José Víctor Salguero y Salguero (QEPD)
María Luisa Navas v. de Salguero.**

**A cuyo esfuerzo y dedición
debo lo que soy.**

A mi Esposa:

Lisette.

A mis Hermanos:

Silvia, Jorge Luis y José Gabriel.

A mi Cuñado:

Rafael González López.

A mis Familiares.

A mis Amigos, especialmente a:

**Roberto Leiva
Alfonso Orellana
Marcellano López
Hugo Córdova
José Angel Dávila
Edgar Ríos**

AGRADECIMIENTO:

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

- Al Ing. Agr. Hugo Salvador Córdova Orellana, por su colaboración y acertada guía en el trabajo de tesis.
- Al Ing. Agr. Edgar E. Ríos, por su colaboración y asesoramiento en el trabajo de tesis.
- A los Ing. Roberto Leiva, Marceliano López y José Angel Dávila, por su colaboración en la realización del presente trabajo.
- Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.
- A la Facultad de Agronomía.
- A la familia González Salguero, por su constante y valiosa ayuda durante mi carrera profesional.
- A mi esposa, Lisette, por su constante ayuda, dedicación y eficaz labor en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	19
2. REVISION DE LITERATURA	21
2.1. Mejoramiento genético del maíz	21
2.2. Ensayos de Rendimiento	22
2.3. Importancia de Analizar la estabilidad	24
2.4. Modelos estadísticos para analizar la estabilidad	25
2.5. Planteamientos para describir el comportamiento de variedades	27
2.6. Comportamiento de híbridos y variedades	28
2.7. Estudios prácticos sobre parámetros de estabilidad	29
3. MATERIALES Y METODOS	33
3.1. Material Experimental	33
3.2. Sitios experimentales	36
3.3. Manejo de los Experimentos	40
3.4. Análisis Estadístico	41
4. RESULTADOS	51
4.1. Análisis de Rendimiento	
4.2. Análisis Combinado	
4.3. Análisis de Estabilidad	
4.4. Características Agronómicas	
5. DISCUSION	63
5.1. Análisis de Rendimiento	
5.2. Análisis Combinado	
5.3. Análisis de Estabilidad	
5.4. Características Agronómicas	
6. CONCLUSIONES	69
7. RESUMEN	71
8. BIBLIOGRAFIA	73
APENDICE	77

LISTA DE CUADROS

Cuadros	Pág.
1.—Características químicas de los sitios experimentales	37
2.—Clasificación y características de los suelos experimentales	38
3.—Localización y características climáticas de los sitios experimentales	39
4.—Análisis de Varianza para el diseño de Bloques al Azar ...	42
5.—Análisis de Varianza combinado bajo un diseño de Bloques al Azar	45
6.—Análisis de Varianza utilizado para la estimación de los Parámetros de Estabilidad	48
7.—Interpretación de los Parámetros de Estabilidad según Carballo y Márquez (1970)	49
8.—Rendimientos promedio de 10 variedades de maíz en 11 localidades de Jutiapa, expresado en Kg/Ha., al 13% de humedad	52
9.—Valores de "F" para tratamientos y Coeficientes de Variación obtenidos en la evaluación de 10 variedades de maíz en 11 localidades de Jutiapa	53
10.—Medias de Rendimiento para el total de tratamientos evaluados en la localidad de la Joya, 1976	54
11.—Medias de Rendimiento para el total de tratamientos evaluados en la localidad de El Rosario, 1976	55
12.—Medias de rendimiento para el total de tratamientos evaluados en la localidad de San Cristóbal Frontera, 1976	56
13.—Medias de rendimiento para el total de tratamientos evaluados en la localidad de El Ovejero, 1976	56
14.—Medias de rendimiento para el total de tratamientos evaluados en la localidad de El Chaparrón, 1976	57

Cuadros	Pág.
15.—Análisis de varianza combinado para 10 variedades de maíz en 11 localidades de Jutiapa	58
16.—Medias de rendimiento para el total de tratamientos evaluados en las 11 localidades	58
17.—Parámetros de Estabilidad y Características Agronómicas de 10 variedades de maíz evaluados en 11 localidades de Jutiapa, 1976	60

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1.—Línea de Regresión de Rendimiento sobre índices ambientales para 4 variedades de 11 ensayos de 10 entradas, Jutiapa, 1976	61
2.—Mapa del Departamento de Jutiapa, mostrando los diferentes grupos de suelos y la ubicación de los experimentos	79
3.—Mapa Climatológico del Departamento de Jutiapa. Isoyetas anuales (precipitación mm.)	80
4.—Mapa Climatológico del Departamento de Jutiapa. Días de lluvia anuales	81
5.—Mapa Climatológico del Departamento de Jutiapa. % de humedad anual ($\bar{X}$)	82
6.—Mapa Climatológico del Departamento de Jutiapa. Temperatura media anual (°C)	83

Guatemala, 19 de mayo de 1977.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

En cumplimiento de las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, constituye para mí un alto honor someter a vuestra consideración, el trabajo de Tesis titulado: ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA MEDIR EL RANGO DE ADAPTACION DE 4 HIBRIDOS Y 6 VARIEDADES DE MAIZ (Zea mays L.) EN EL SUR-ORIENTE DE GUATEMALA, como requisito previo para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente

Víctor Eberto Salguero Navas

Los datos presentados en este trabajo fueron obtenidos durante el servicio que el autor prestó como Técnico del Programa de Prueba de Tecnología de la Región VI, del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Los resultados son propiedad de dicho Instituto y se publican con la debida autorización.

1. INTRODUCCION

El maíz constituye el alimento básico más importante en la dieta de la población guatemalteca, y representa según investigaciones del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá —INCAP— (21), hasta un 60 y 45% de la ingestión diaria de calorías y proteínas respectivamente.

Sigue siendo el cereal más ampliamente cultivado en Guatemala. En 1974 se le dedicó un total de 612,670 hectáreas a dicho cultivo y se obtuvo un rendimiento promedio de 1.15 toneladas por hectárea (8).

El bajo rendimiento por unidad de área se puede atribuir a varios factores, tales como: uso limitado de variedades mejoradas, prácticas culturales inadecuadas e incidencia de plagas y enfermedades.

De ahí la necesidad de una constante investigación con miras a obtener variedades de alta producción, y amplio rango de adaptación, y prácticas de manejo mejoradas y rentables.

En el departamento de Jutiapa, la mayoría de maíces que se siembra son variedades locales con un rendimiento bajo, sin embargo los híbridos y variedades mejoradas, son usadas por un número de agricultores cada vez mayor y en consecuencia la superficie sembrada aumenta cada año.

Por otra parte, esta región presenta una gran diversidad de condiciones ambientales que son consecuencia de la topo-

grafía accidentada, variaciones en altitud, tipos de suelo, temperatura, precipitación pluvial escasa, errática y mal distribuida.

Para este mosaico de condiciones ecológicas, es necesario producir variedades mejoradas con un amplio rango de adaptabilidad. Este se refleja en el comportamiento promedio de cada variedad cuando es cultivada bajo las diferentes condiciones ambientales de una región.

Para los agricultores de la región antes mencionada, el cultivo del maíz es de vital importancia por ser la base de su alimentación. Dichos agricultores han mostrado gran interés en sustituir sus maíces criollos por variedades mejoradas; para ello es necesario contar con materiales de buen rendimiento y comportamiento estable para las condiciones ecológicas donde se desarrollen.

El objetivo de este trabajo es determinar el área de adaptación de las variedades evaluadas a través de los parámetros de estabilidad.

Hipótesis:

Las variedades estudiadas en el presente trabajo responderán en forma diferente a los distintos niveles ambientales.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. *Mejoramiento genético del maíz*

Brauer (1969), considera que lo más importante que se busca en la aplicación práctica de la fitogenética es producir más por unidad de superficie mediante la obtención de variedades de plantas más eficientes; capaces de aprovechar mejor el agua, los fertilizantes, el clima y que sean más resistentes a los daños causados por factores externos.

En Guatemala el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas —ICTA— concluyó en 1973, que no se podrían obtener aumentos importantes del rendimiento del cultivo del maíz; sino se trabajaba en la disminución de altura y selección de familias rendidoras en las poblaciones existentes (8).

Los esfuerzos tecnológicos de ICTA para desarrollar semillas mejoradas de maíz están orientados hacia la formación de variedades de libre polinización e híbridos. Ambos tipos de semilla ofrecen ventajas para los diferentes sistemas de producción de Guatemala a la vez que sus procesos de desarrollo se complementan (10).

Los métodos para formar variedades se basan principalmente en la selección y evaluación familiar de poblaciones con potencial genético reconocido para cada zona o región. También existe un esquema bien definido cuyo objetivo es formar variedades sintéticas en base a recombinaciones de cruza simples de familias o líneas provenientes del esquema de formación de híbridos (11).

Los programas para formar híbridos se fundamentan en la formación de líneas puras, siguiendo procesos de endogamia lenta, durante los cuales se tratan de aumentar y fijar las frecuencias génicas que contribuyen al rendimiento y adaptabilidad. Los híbridos formados podrían ser de líneas, familias, variedades o combinaciones de estas estructuras poblacionales (11).

El programa de mejoramiento genético del maíz en ICTA, mantiene estrecha relación con Centros Internacionales y programas nacionales de otros países de América con la finalidad de obtener fuentes de germoplasma para utilizarlos en el programa de mejoramiento y obtener variedades de utilidad inmediata, previa evaluación en las condiciones de ambiente local.

Márquez ((1970)), considera que una vez que se ha seguido un sistema de mejoramiento, en donde la selección que se ha llevado a cabo tiene como fin reducir al mínimo los efectos de la interacción; el material que se obtenga no se puede recomendar en forma inmediata.

Para ello, dice el mismo autor que deberá hacerse una selección posterior más exigente por medio de la cual se definan aquellas variedades que revistan una superioridad realmente sobresaliente, así como las indicadas para cada condición específica, ya sea ambiental, social o económico.

Todo lo anterior, concluye dicho autor, se logra a través de un proceso de experimentación agrícola que incluya entre otros: siembra de ensayos uniformes y replicados para comparar el comportamiento de las variedades.

2.2. *Ensayos de Rendimiento*

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas —ICTA—, realiza ensayos anuales con el objeto de evaluar el rendimiento y características agronómicas de híbridos y

variedades comerciales, material experimental promisorio propio y el proveniente de otros Centros Internacionales de Investigación Agrícola.

En 1975, ICTA evaluó en 6 municipios del departamento de Jutiapa, 7 variedades de maíz con el objeto de determinar si alguno de los híbridos o de las variedades de polinización abierta debería sustituir a las variedades locales. Las variedades probadas fueron: H-5, Pioneer X105-A, H-3, ICTA Tropical 102, Pioneer X304-A, ICTA B1-C4 y criollos. La adaptabilidad de las variedades en estudio, a las distintas condiciones climáticas y de suelo, indicaron que H-5 tuvo un rango mayor de adaptación que las otras variedades. Esto se determinó en base a que H-5 siempre acusó un rendimiento mayor en la mayoría de los lugares de prueba, pero sin estimar una medida de la estabilidad de las variedades evaluadas (9).

Dentro de los experimentos uniformes del Programa Cooperativo Centro Americano de Mejoramiento de Cultivos Alimenticios —PCCMCA— y del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo —CIMMYT— se evaluaron en 1975, 36 variedades en 13 localidades de Centro América. Dentro de estas variedades aparecen: H-5, Centa M-1, ICTA Tropical 101, ICTA B1-C4 y H-3 con un rendimiento promedio de 4173, 3892, 3745, 3356 y 2794 kilogramos por hectárea respectivamente (10), lo cual es consistente con los resultados obtenidos por ICTA en ese mismo año.

CIMMYT mantiene poblaciones en permanente proceso de selección basados en lotes de recombinación en México y evaluación simultánea en varios países del mundo tropical. La evaluación de familias por medio de ensayos de rendimiento realizada en cada país, tiene el doble propósito de calificar las familias mejor adaptadas para ese ambiente de donde derivan variedades mejoradas locales, a la vez que se obtiene información sobre las familias con mayor rango de adaptación (18).

Las variedades Across 7432, Across 7423 y Gemisa 7421 procedentes de CIMMYT (obtenidas de acuerdo al método descrito), fueron incluidas en ensayos de rendimiento realizados durante 1975 en varios países de América y África (16); mostrando resultados bastante aceptables en cuanto a rendimiento y estabilidad.

2.3. *Importancia de Analizar la Estabilidad*

Es importante en trabajos de fitomejoramiento conocer la influencia que ejerce el medio ambiente en el comportamiento de variedades seleccionadas y mejoradas para determinar su estabilidad y adaptabilidad ecológicas.

Las variables mencionadas han sido estudiadas por muchos investigadores como Camacho (1968), quien menciona que la contribución del ambiente a la expresión fenotípica de un carácter, es un factor que requiere cuidadosa atención de parte del investigador dedicado al mejoramiento de plantas cultivadas, pues cuando la contribución ambiental representa una proporción considerable del valor fenotípico, el efecto de la selección se reduce y el progreso del mejoramiento resulta lento; bajo esta circunstancia, individuos que exhiben características promisorias en determinado ambiente, pueden resultar inadecuados en un ambiente diferente.

En relación a lo antes dicho, Córdova (1975) considera que si el medio ambiente ejerciera sólo 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.

Para estudiar el comportamiento de los diferentes genotipos a diversos medios ambientes, muchos investigado-

res han desarrollado modelos estadísticos que permiten analizar la estabilidad y adaptabilidad de dichos genotipos, como se verá a continuación.

2.4. *Modelos Estadísticos para Analizar la Estabilidad.*

Muchos investigadores han propuesto métodos estadísticos para analizar la adaptabilidad y estabilidad de variedades. Plaisted y Peterson (1959), citados por Camacho (3); propusieron 2 métodos: uno de ellos consiste en analizar las variedades por pares para estimar el comportamiento de interacción en cada una de todas las combinaciones posibles de pares; el promedio de estos estimativos permite determinar la estabilidad relativa de cada una de las variedades. Otro método consiste en omitir sucesivamente una de las variedades en el análisis combinado para calcular el componente de interacción en las variedades restantes; a mayor magnitud del componente estimado, corresponde una mayor estabilidad de la variedad omitida.

Finley y Wilkinson (1963), citados por Camacho (3); usaron el análisis de regresión para estudiar la adaptabilidad de una colección de 800 variedades de cebada. Con este método la estabilidad se mide según el valor del coeficiente de regresión, que relaciona el rendimiento de cada variedad con el promedio de todas las variedades en todos los ambientes.

Un método similar al anterior fue usado por Eberhart y Russell (1966), citados por Córdova (5); para investigar la estabilidad de diferentes cruzamientos simples y triples de maíz, estos autores establecieron un modelo estadístico que permite estimar no sólo el coeficiente de regresión, sino la varianza debida a las desviaciones del modelo lineal, la cual constituye otro parámetro de estabilidad.

El modelo mencionado define los parámetros de estabilidad que pueden ser usados para describir el comportamiento de una variedad sobre una serie de ambientes. Dicho modelo es el siguiente:

$$Y_{ij} = u_i + B_i I_j + D_{ij}$$

En donde:

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

u_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 i — ésima variedad a los diferentes ambientes.

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

D_{ij} La desviación de regresión de la i — ésima variedad en el j — ésimo ambiente.

Ram *et al*, citados por Córdova (1975), proponen una modificación al método propuesto por Eberhart y Russell, la cual esencialmente consiste en sustituir la respuesta varietal promedio por un índice genotípico que se obtiene como desviación de la media varietal con respecto a la media general para todos los ambientes.

Márquez (1973), citado por Arias (1); estudió la relación entre la interacción genotipo-ambiente y los parámetros de estabilidad representando en forma gráfica modelos con interacción genotipo-ambiente y sin ella. Para una variedad sembrada en varios ambientes el modelo sin interacción es representado como una línea de regresión con valores fenotípicos sobre índices ambientales con una pendiente igual a 1 y sin desviaciones de regresión. En el modelo con interacción ninguna de esas condiciones se cumplen.

El término de interacción, continúa el mismo autor es la desviación de los valores fenotípicos actuales de la línea

de regresión con una pendiente igual a 1 y un segmento es la desviación de los valores fenotípicos de la línea de regresión ajustada con una pendiente diferente de 1. Una variedad estable es aquella que no interacciona con los ambientes.

Robbertse (1974), citado por Arias (1); menciona también el método basado en la línea de regresión para poder predecir la adaptación de diferentes variedades de maíz. El mismo autor estudiando correlaciones múltiples y regresiones, que se realizaron en una serie de variables para poder predecir cuál de los componentes de rendimiento influía más en la adaptabilidad, encontraron que el 89% de la varianza en el rendimiento de una variedad específica es predicha para el rendimiento medio del ensayo.

2.5. *Planteamiento para Describir el Comportamiento de Variedades.*

Márquez (1973), citado por Arias (1) afirma que desde el punto de vista convencional y lógico, algo que es estable no interacciona con los ambientes y señala que probablemente una forma más apropiada de definir una variedad sería por la respuesta dada por su coeficiente de regresión (B) y sus desviaciones de regresión (S^2_{di}), porque este parámetro es una función utilizada en los ensayos de rendimiento.

Arias (1), también cita a Hanson, quien ha utilizado el concepto convencional de estabilidad y ha definido un genotipo estable como aquel que tiene la mínima variabilidad cuando crece en L ambientes.

Eberhart y Russell (1966), citados por Córdova (5) definen una variedad estable como aquella que responde a diferentes medios ambientes con una media de rendimiento alta, un coeficiente de regresión igual a 1 y desviaciones de regresión al cuadrado iguales a 0.

Carballo (1970), al igual que los autores antes mencionados, clasifica a las variedades en función de los distintos

valores que pueden tomar los coeficientes de regresión y las desviaciones de regresión. Una variedad cuyo coeficiente de regresión sea igual a 1 y su desviación de regresión igual a 0, será una variedad estable.

En relación al comportamiento o respuesta de una variedad a diferentes medios ambientes, Córdova (1975), establece que "una variedad deseable sería aquella que tuviera una media de rendimiento alta en todos los ambientes donde se siembre y que su genotipo no interaccione con el medio ambiente medido por los parámetros de estabilidad".

2.6. *Comportamiento de Híbridos y Variedades.*

Row y Andrew citados por Camacho (1968), realizaron estudios de estabilidad fenotípica con diversas poblaciones de maíz y encontraron que la interacción era mayor en líneas e híbridos que en poblaciones segregantes, esto naturalmente puede ser debido a diferencias de los grupos en habilidad para explotar ambientes favorables.

Arias (1) cita a Chidda y Leng (1972), quienes, cuando se sembraron un grupo de tres variedades de polinización libre y tres híbridos de maíz en tres diferentes estaciones, encontraron que en general los híbridos rindieron más que las variedades en cada estación en que se desarrollaron.

Olivieri y Parrini (1974), al usar el método estadístico sugerido por Freedman y Perkin's en la evaluación de 7 variedades desarrolladas en condiciones normales en 3 localidades durante 3 años, confirmaron la aplicación de dicho método para explicar la interacción genotipo-ambiente. Se encontró que los híbridos fueron más variables en rendimiento que las variedades de polinización libre, pero con alto rendimiento en el promedio, esto se explica como un resultado de la capacidad de los híbridos a responder a condiciones favorables.

Sharma *et al* citados por Arias (1975), llevaron a cabo 2 experimentos en los cuales utilizaron híbridos compuestos y variedades locales, sembrados en distintas localidades y años. Encontraron que los compuestos superaron a los híbridos, aunque las diferencias no fueron significativas; y los coeficientes de regresión indican que los compuestos en el segundo experimento tuvieron similar estabilidad fenotípica que los híbridos.

2.7. Estudios Prácticos sobre Parámetros de Estabilidad.

Muchos fitomejoradores le han dedicado atención al efecto que el medio ambiente pueda ejercer sobre la estructura fenotípica de individuos y poblaciones de plantas cultivadas.

Camacho (3) cita a Sprague y Federer (1951), quienes obtuvieron estimativos del componente de interacción en experimentos con maíz y lo usaron en el cómputo del avance genético bajo diferentes combinaciones del ambiente. De sus estudios concluyeron que una situación óptima podría obtenerse usando una replicación por localidad y aumentando el número de localidades y de años para probar los materiales seleccionados.

Sevilla y Sánchez (1970), citados por Arias (1) al probar un grupo de 9 híbridos y 9 sintéticos de maíz durante 10 años en 3 localidades observaron que los incrementos en la heredabilidad fueron más notables cuando se incrementó el número de localidades y años, pero no para el caso de las repeticiones. Menciona que el número óptimo de repeticiones parece ser 4, el número de años de prueba de 2 a 3 y el número de localidades de 3 a 4.

Martínez *et al* (1970), estudiaron el comportamiento de 2 variedades de maíz y sus progenies F1, F2, y F4 para las

variables: rendimiento, peso de grano, número de mazorcas por planta y número de granos por mazorca. La mayor estabilidad fue para la variable rendimiento y número de mazorcas por planta; una mayor adaptación fue mostrada por la progenia F1 y la menor en la F4. Los autores sugieren el uso de poblaciones heterocigóticas y heterogéneas para reducir el valor de la interacción genotipo ambiente.

Russell y Eberhart (1968), citados por Córdova (5); al comparar líneas endogámicas de maíz prolíficas y no prolíficas, con sus cruza simples, encontraron que los genotipos de prolíficos fueron los que menos rindieron en ambientes pobres y los que más alto rendimiento tuvieron en ambientes favorables. En el caso de los individuos prolíficos, los más altos rendimientos se obtuvieron en ambientes pobres y los más bajos en ambientes favorables.

Córdova (1975), estimó el efecto del número de líneas endogámicas sobre el rendimiento y estabilidad de las variedades sintéticas derivadas en maíz. Los sintéticos de maíz formados y evaluados provenían de las cruza posibles entre 8 líneas endogámicas S4 seleccionadas por su aptitud combinatoria, de un total de 20 líneas evaluadas para tal característica en base a sus cruza posibles. De acuerdo a la definición de variedad estable, se consideró como tal al sintético de 8 líneas ya que su media de rendimiento es elevada, su coeficiente de regresión igual a 1 y sus desviaciones de regresión iguales a 0; esto lo clasifica como una variedad deseable.

Córdova (5) cita además a Prior y Russell (1974), quienes estudiaron la estabilidad del rendimiento de híbridos de maíz prolíficos y no prolíficos en densidades de población que variaron entre 20 y 72,000 plantas por hectárea, en ambientes con potencial de rendimiento de 65 a 96 quintales por hectárea. Cuatro tipos de híbridos con 7 híbridos en cada grupo se sembraron en 6 densidades de población en 8 am-

bientes (dos localidades en cuatro años); los tipos de híbridos fueron:

1. No prolíficos, elite.
2. Primer ciclo, prolífico.
3. Segundo ciclo, o elite, prolífico.
4. Cruzas entre elite, no prolífico y primer ciclo, con líneas endogámicas como padres.

El potencial de rendimiento de los híbridos elite prolífico fue igual o mayor que el de los otros tipos probados. Los híbridos elite prolífico rindieron más uniformemente, sobre el rango de densidades probadas, que los híbridos elite no prolíficos y el grupo de los híbridos prolíficos de primer ciclo.

Los mismos autores recomiendan el uso de altas densidades de población en el desarrollo y evaluación de los programas de mejoramiento, para dar una mejor oportunidad para combinar la prolificidad y potencial genético de rendimiento a altas densidades de población.

También el estudio del efecto ambiental en relación con la estructura genotípica de individuos y poblaciones de plantas ha sido objeto de mucha atención por investigadores como Johnson *et al* (1965), citados por Camacho (3); quienes estudiaron varias características agronómicas en soya en diferentes localidades y años. Encontraron que ciertos caracteres como contenido de aceite y altura de planta eran más consistentes que el rendimiento en los diversos ambientes.

En estudios similares realizados en avena por Jensen, citado por Camacho (1968), se recomienda el uso de varie-

dades multilineales para asegurar mayor estabilidad de la producción y mejor adaptabilidad a las condiciones variables del ambiente.

La constitución genotípica de estas variedades, concluye dicho autor; podría cambiarse en el transcurso del tiempo sin variar su apariencia externa, mediante la adición o sustracción de líneas en la mezcla original.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. *Material Experimental.*

Se evaluaron 10 variedades de maíz, de las cuales 4 son híbridos y 6 variedades de polinización libre; y cuyas características, proporcionadas por el Programa de Maíz de ICTA, se describen a continuación:

3.1.1. *Variedades de polinización libre.*

3.1.1.1. *CENTA M1-B*

Variedad sintética de maíz de grano blanco proveniente de germoplasma básicamente tuxpeño. Período vegetativo medianamente tardío; es un maíz de zonas tropicales bajas; formado con las cruza posibles de un grupo de líneas con alta aptitud combinatoria y mantenido después por polinización libre. Su origen es el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA), en Santa Tecla, El Salvador.

3.1.1.2. *ACROSS 7423*

Es una variedad de polinización libre formada con las 10 mejores familias de la población de maíz BLANCO CRISTALINO-1, evaluada en 6 países tropicales durante 1974. Tipo de grano blanco, casi cristalino de zonas tropicales bajas, de madurez intermedia y planta relativamente baja toleran-

te a la mayor parte de enfermedades foliares comunes; posee menos follaje que muchos tipos tropicales. Esta variedad proviene del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo —CIMMYT—.

3.1.1.3. *ICTA B1-C4*

Es una variedad de polinización libre para zonas tropicales bajas, su tipo de grano dentado y blanco, su período vegetativo es medianamente tardío y su altura de planta se ha reducido sustancialmente en comparación con los materiales que le dieron origen; con follaje y tallo relativamente abundante; muestra una tolerancia aceptable a la mayoría de enfermedades foliares. Esta variedad proviene del 11° ciclo de selección de Tuxpeño 1 y mejorada en ICTA por 4 ciclos más.

3.1.1.4. *ACROSS 7432*

Es una variedad de polinización libre formada con las 10 mejores familias provenientes de la población de maíz TUXPEÑO CARIBE, evaluada en 6 países tropicales durante 1974. La población base es una mezcla de tipos de zonas tropicales bajas con Tuxpeño blancos dentados y Cubanos Amarillos cristalinos, seleccionados con respecto a planta baja. Su período vegetativo es medianamente tardío y es un tanto tolerante a la mayoría de enfermedades foliares comunes. Material procedente de CIMMYT.

3.1.1.5. *GEMISA 7421*

Es una variedad de maíz formada con las 10 mejores familias de Tuxpeño 1, evaluadas en la estación experimental de GEMISA en 1974. Esta variedad mostró una gran estabilidad a través de todos los ensayos establecidos por CIMMYT en 25 países tropicales del mundo. Es un maíz de zonas tropicales bajas, dentado y blanco con follaje y tallos

relativamente abundantes, su madurez es medianamente tardía y su altura de planta 2.3 m. tolerancia aceptable a la mayoría de enfermedades foliares.

3.1.1.6. *CRIOLLOS*

Se utilizaron las variedades acostumbradas por los agricultores de cada una de las localidades incluidas en este estudio.

3.1.2. *Híbridos*

3.1.2.1. *ICTA Tropical 101*

Es un híbrido inter-varietal cuyos progenitores son: tuxpeños planta baja y Eto blanco materiales introducidos de CIMMYT, se caracteriza por tener una altura de planta de 2.1 a 2.3 metros. Su área de adaptación varía entre 0 y 3,000 pies sobre el nivel del mar. Su período vegetativo oscila entre 115 y 120 días de la siembra a la cosecha.

3.1.2.2. *H-3*

Es un híbrido de cruza doble con tipo de grano semicristalino y de color blanco; altura de planta 2.3 mts. período vegetativo de 90 días a la dobla. Está formado por 4 líneas endogámicas de diferente origen. Su período vegetativo se intermedia a relativamente precoz, tolerante a enfermedades principalmente a chaparramiento. Este híbrido fue producido por el CENTA en 1960.

3.1.2.3. *H-5*

Es un híbrido de cruza doble, cuyas líneas endogámicas provienen de germoplasma básicamente Tuxpeño. Aunque su altura de planta es considerablemente más alta (2.6 a 2.7 m.) posee un sistema radicular bastante profundo y tallos vigorosos, sin embargo, es afectado por vientos fuertes.

Grano blanco y dentado. Este híbrido es muy consistente en rendimiento y de una estabilidad superior. Período vegetativo medianamente tardío. Fue producido por CENTA en 1966.

3.1.2.4. HS-1

Es un híbrido doble, grano blanco y semidentado, altura de mazorca relativamente baja, madurez intermedia. Las 4 líneas que lo forman provienen de diferente origen. Este híbrido pertenece a la empresa Semillas, S. A. de El Salvador. Recientemente ha mostrado susceptibilidad a Downy Mildew, vellosa o cenicilla; enfermedad producida por el hongo *Esclerospora sorghi*.

3.2. Sitios Experimentales.

Se evaluó el rendimiento y estabilidad de las 6 variedades de polinización libre y 4 híbridos de maíz, mediante el desarrollo de 11 ensayos uniformes sembrados en distintas localidades del departamento de Jutiapa.

Seleccionados los sitios donde se desarrollaron los ensayos, se procedió a recolectar las muestras correspondientes para determinar pH, P, K, Ca y Mg. Los resultados de estos análisis se anotan en el cuadro 1.

De acuerdo a la clasificación del Reconocimiento de los Suelos de Guatemala, realizada por Simmons *et al* (1959), los suelos en los que se sembraron los ensayos corresponden a series distintas; cuyas características pueden observarse en el cuadro 2.

Los ensayos quedaron ubicados, de acuerdo a la clasificación de las Zonas Ecológicas de Guatemala, propuesta por Holdridge (1958), dentro de la zona de Bosque Seco Subtropical.

En el cuadro 3, aparecen los datos de localización, altura sobre el nivel del mar, coordenadas geográficas, precipitación y temperatura para cada sitio experimental.

CUADRO 1. — CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES.

No.	Localidad	pH	ug/ml *		Meq/100 ml*	
			P	K	Ca	Mg
1.	La Joya	5.9	6.38	157.5	11.9	3.10
2.	El Rosario	6.6	> 25	255.0	12.0	4.00
3.	Barranca Honda	6.5	0.25	80.0	12.2	6.00
4.	Los Amates	6.4	> 25	270.0	9.60	2.20
5.	San Cristóbal Frontera ...	6.4	> 25	> 500.0	15.6	4.70
6.	Laguna de Retana		4.2	380.0	11.2	4.10
7.	El Ovejero	6.0	5.0	332.0	5.7	1.75
8.	Esmeralda	6.4	> 25	225.0	8.6	2.40
9.	Los Comunes	6.1	4.2	180.0	5.2	1.75
10.	El Chaparrón	6.1	> 25	320.0	10.4	2.45
11.	Horcones	6.2	3.0	187.5	7.2	1.55

* Determinado con HCl 0.05N — H_2SO_4 0.025N; Suelo/Solución 1:5.

CUADRO 2. — CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS EXPERIMENTALES.*

No.	Localidad	Serie	Color	Textura	Fertilidad	Capacidad de abastecimiento de humedad
1. La Joya		Mongoy	café oscuro	arcilloso	alta	alta
2. El Rosario		Güija	casi negro	arcillosa	moderada	alta
3. Barranca Honda				Suelos aluviales no diferenciados.		
4. Los Amates				Suelos aluviales no diferenciados.		
5. San Cristóbal Frontera		Culma	café oscuro	franco arcilloso	moderada	alta
6. Laguna de Retana		Culma	café oscuro	franco arcilloso	moderada	alta
7. El Ovejero				Suelos de los valles no diferenciados.		
8. Esmeralda		Chicaj	gris oscuro	arcilloso	moderada	baja
9. Los Comunes		Quezada	rojizo oscuro	franco arcilloso	moderada	alta
10. El Chaparrón		Quezada	rojizo oscuro	franco arcilloso	moderada	alta
11. Horcones		Culma	café oscuro	franco arcilloso	moderada	alta

* En base al reconocimiento de los suelos de Guatemala, realizada por Simmons *et al* (1959)

CUADRO 3. — LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS CLIMATICAS DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES.

No.	Localidad	Municipio	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altura s.n.m. mts.	Precipitación media anual	Temp. media anual
1.	La Joya	Agua Blanca	14° 29' 48"	89° 38' 56"	897.55	768	24.1
2.	El Rosario	Asunción Mita	14° 16' 03"	89° 40' 06"	480	1083	26.1
3.	Barranca Honda	Asunción Mita	14° 19' 58"	89° 42' 34"	470	1083	26.1
4.	Los Amates	Asunción Mita	14° 16' 10"	89° 41' 23"	480	1083	26.1
5.	San Cristóbal Frontera	Atescatempa	14° 11' 00"	89° 40' 04"	654	1592	26.68
6.	Laguna de Retana	El Progreso	14° 23' 56"	89° 50' 52"	1150	845	22.3
7.	El Ovejero	El Progreso	14° 26' 08"	89° 52' 12"	990	845	22.3
8.	Esmeralda	Jerez	14° 05' 30"	89° 46' 52"	690	1350	26.00
9.	Los Comunes	Quezada	14° 17' 25"	90° 01' 36"	980	1146	22.3
10.	El Chaparrón	Quezada	14° 14' 43"	90° 02' 52"	980	1146	22.3
11.	Horcones	Sta. Catarina Mita	14° 16' 18"	89° 46' 52"	1050	845	24.10

Con el objeto de visualizar en forma más clara las condiciones ecológicas tan variadas prevalecientes en los sitios experimentales, pueden observarse los mapas climatológicos del departamento de Jutiapa que aparecen en el apéndice.

3.3. *Manejo de los Experimentos.*

3.3.1. *Preparación del terreno.*

Esta actividad fue realizada en cada uno de los sitios experimentales de acuerdo a las prácticas acostumbradas en la región, que consiste en dos pasadas de rastra. El surqueado se hizo con arado halado con bueyes, a una distancia de 0.45 metros entre surcos.

3.3.2. *Siembra.*

Los experimentos fueron sembrados entre el 18 de mayo y el 2 de junio. Las distancias de siembra fueron: 0.90 metros entre surcos y 0.50 metros entre posturas (3 semillas por postura).

Se aplicó al momento de la siembra Cytrolane granulado al 20% (35 kilogramos por hectárea), para controlar insectos del suelo. Se efectuó un raleo, 10 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*

Aplicación total de Nitrógeno: 100 kilogramos por hectárea, distribuidos así:

30 a la siembra (al fondo del surco).

45 a los 25 días (al pie de la mata).

25 a los 50 días (al pie de la mata).

Aplicación total de fósforo: 60 kilogramos por hectárea al momento de la siembra y al fondo del surco, cuando el análisis de suelo respectivo indicó deficiencias en este elemento (menor que 7 pm.).

3.3.4. *Control de malas hierbas y plagas.*

La primer limpia se realizó entre los 15 y 19 días después de la siembra y la segunda entre los 35 y 42 días.

La única plaga que se combatió dada su incidencia fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), su control se efectuó mediante una aplicación de Dipterex granulado a los 25 días después de la siembra.

3.3.5. *Cosecha.*

Se realizó entre los 135 y 150 días después de la siembra e inmediatamente se determinó la humedad del grano para expresar los rendimientos en base a una humedad uniforme del 13%.

3.4. *Análisis Estadístico.*

3.4.1. *Diseño Experimental.*

Las 10 variedades de maíz fueron evaluadas utilizando un diseño de bloques completos al azar (con 4 repeticiones), en los ensayos uniformes desarrollados en las 11 localidades de prueba.

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: $i = 1, 2, \dots, v$: v = variedades
 $j = 1, 2, \dots, r$: r = repeticiones
 X_{ij} = valor del carácter estudiado de la prueba con la i -ésima variedad 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.

En el cuadro 4, aparece el análisis de varianza apropiado para bloques al azar, en el cual un número de variedades se prueba en bloques completos al azar y donde cada bloque contiene v variedades.

CUADRO 4. — ANALISIS DE VARIANZA PARA EL DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

Fuentes de variación	G.L.	Esperanza de cuadros medios
Repeticiones	($r-1$)	
Tratamientos	($v-1$)	$\sqrt{e^2} + r\sqrt{v^2} + \sqrt{rv^2}$
Error	($r-1$) ($v-1$)	δe^2
Total	($rv-1$)	

r = repeticiones
 v = variedades

El área total para cada uno de los ensayos uniformes fue de 2041.2 metros cuadrados. Cada una de las unidades experimentales quedó formada así: 4 surcos de 11 metros de largo por 0.90 metros de separación entre sí, ocupando un

área total de 39.6 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.

El área neta cosechada para obtener los datos, fue de 18 metros cuadrados (10 x 1.8 metros). Se tomaron los 2 surcos centrales eliminando 0.5 metros en cada extremo.

3.4.2. *Comparación Múltiple de Medias.*

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

El error estándar se calculó en base a la siguiente fórmula:

$$\text{error estándar} = S_x = \frac{\sqrt{\text{C.M.E.}}}{r}$$

en donde

C.M.E. = cuadrado medio del error

r = número de repeticiones

La diferencia mínima significativa de Duncan se obtuvo multiplicando el error por el riesgo mínimo promedio, de esta manera se supo el comportamiento de cada variedad sobre el resto a un nivel de 5% de probabilidad.

3.4.3. *Análisis Combinado.*

Para determinar con mayor exactitud el comportamiento de los híbridos y variedades evaluados en la región, se realizó un análisis combinado del rendimiento de las 11 localidades donde se establecieron los ensayos. Dicho análisis se efectuó como un diseño de bloques al azar cuyo modelo de efectos aleatorios es el siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + V_i + L_k + R_j(k) + (VL)_{ik} + E_{ijk}$$

en donde:

X_{ijk} = Valor del carácter estudiado de la parcela con la i-ésima variedad, en la j-ésima repetición y en la k-ésima localidad.

M = Media general del carácter.

V_i = Efecto de la i-ésima variedad.

L_k = Efecto de la k-ésima localidad.

$R_j(k)$ = Efecto de la j-ésima repetición dentro de la k-ésima localidad.

$(VL)_{ik}$ = Efecto de la ik-ésima observación asociada a la interacción, variedades por localidad.

E_{ijk} = Efecto aleatorio asociado a la ijk-ésima observación.

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

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

$k = 1, 2, \dots, k$; k = localidades.

En el cuadro 5, aparece el análisis de varianza combinado que se utilizó para el modelo antes mencionado.

3.4.4. Comparación Múltiple de Medias.

Partiendo del análisis de varianza anterior, se realizaron las comparaciones entre medias de rendimiento, utilizando la prueba de Tukey con el fin de obtener un nivel

de protección más alto. Steel y Torie (1960), describieron este procedimiento en el cual se debe calcular W, que constituye la Mínima Diferencia Significativa Honesta.

CUADRO 5. — ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO BAJO UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

Fuentes de variación	G.L.	Esperanza de cuadros medios
Localidades	(L-1)	
Rep (loc)	L(r-1)	
Variedades	(v-1)	$\sqrt{e^2} + r\sqrt{vL^2} + rL\sqrt{v^2}$
Var x loc	(V-1) (L-1)	$\sqrt{e^2} + r\sqrt{vL^2}$
Error	L(r-1) (v-1)	$\sqrt{e^2}$

r = repeticiones

v = variedades

l = localidades

e = error

$$W = q\alpha \quad (p,nz) \quad \underline{S\bar{x}}$$

en donde:

W = Valor utilizado para probar la significancia de la diferencia observada entre medias.

$q\alpha$ = Valor obtenido en tablas en base a, p y nz.

p = Número de tratamientos.

nz = Grados de libertad del error.

$$\underline{S\bar{x}} = \text{Error estándar} = \sqrt{CME/r}$$

3.4.5. Parámetros de Estabilidad.

Con el objeto de estimar el efecto que tiene el ambiente sobre el rendimiento de las distintas variedades, se estima-

ron los parámetros de estabilidad aplicando el modelo establecido por Eberhart y Russell (1966) a 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:

$$Y_{ij} = \mu_i + B_i I_j + \sqrt{ij}$$

en donde:

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

$\sqrt{ij}$ = Desviación de regresión de la variedad i en el 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 (sumas de cuadrados de la regresión); y

b) Las desviaciones inexplicables de la regresión sobre los índices ambientales.

En el cuadro 6, aparece el análisis de varianza que se utilizó para el modelo antes mencionado.

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), citados por Córdova *et al* (6), y que se ilustra en el cuadro 7.

3.4.6. *Características Agronómicas.*

Para complementar la información sobre el comportamiento de las variedades evaluadas en los distintos ambientes de prueba, se llevó control durante el desarrollo de los experimentos sobre las características agronómicas de mayor importancia para la región.

CUADRO 6. — ANALISIS DE VARIANZA UTILIZADO PARA LA ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD.

Fuente de variación	G. de L.	Suma de cuadrados	C M
Total	$nv-1$	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - F.C$	CM_1
Variedades (V)	$v-1$	$\frac{1}{n} \sum_i Y_i^2 - F.C$	
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	$\frac{1}{v} (\sum_i Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
Vars.xAmbs.(lineal)	$v-1$	$\sum_i ((\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2) - S.C.A (lineal)$	CM_2
Desv. ponderadas	$v(n-2)$	$\sum_i \sum_j \delta_{ij}^2$	CM_3
Variedad 1	$n-2$	$(\sum_j Y_{1j}^2 - \frac{(Y_1)^2}{n}) - (\sum_j Y_{1j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
Variedad v	$n-2$	$(\sum_j Y_{vj}^2 - \frac{Y_v^2}{n}) - (\sum_j Y_{vj} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
Error ponderado	$n(r-1)(v-1)$		

CUADRO 7. — INTERPRETACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD SEGUN CARBALLO Y MARQUEZ (1970).

Coeficiente de regresión	Desviaciones de la regresión	Descripción de la Variedad
$b_i = 1.0$	$S^2_{di} = 0$	Variedad estable.
$b_i = 1.0$	$S^2_{di} > 0$	Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente.
$b_i < 1.0$	$S^2_{di} = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables. Consistente.
$b_i < 1.0$	$S^2_{di} > 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables. Inconsistente.
$b_i > 1.0$	$S^2_{di} = 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes. Consistente.
$b_i > 1.0$	$S^2_{di} > 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente.

Citados por Córdova *et al* (6).

Las características agronómicas estudiadas fueron:

a) Resistencia a sequía, se determinó al final del período de sequía mediante una escala de 0 a 10 (mayor a menor resistencia respectivamente), para lo cual se muestrearon 10 plantas por parcela).

b) Días a floración masculina, se determinó cuando el 50% de antesis estaba presente.

c) Altura de planta, se midió de la superficie del terreno al nudo donde está colocada la mazorca superior. Se muestrearon 10 plantas por parcela.

4. RESULTADOS

4.1. *Análisis del Rendimiento.*

En base a los resultados obtenidos en cada uno de los 11 ensayos uniformes, se calcularon los rendimientos promedios de las 10 variedades de maíz para cada localidad, los cuales se presentan en el cuadro 8.

Todos los resultados se calcularon en base a una humedad del 13% y están expresados en kilogramos de grano por hectárea. Dichos resultados se utilizaron para efectuar el análisis de varianza.

El análisis de varianza para rendimiento efectuado en cada una de las localidades se muestra en el cuadro 9: el cual resume los resultados del análisis de varianza para las 11 localidades en estudio, presentando los distintos valores de "F" para tratamientos y sus coeficientes de variación.

Estadísticamente no hay diferencias significativas entre variedades al 5% en las localidades de Barranca Honda, Los Amates, Laguna de Retana, Esmeralda, Los Comunes y Horcones.

**CUADRO 8. — RENDIMIENTOS PROMEDIO DE 10 VARIEDADES DE MAIZ EN 11 LOCALIDADES DE JUTIAPA, EXPRESADOS
EN kg/ha. AL 13% DE HUMEDAD.**

Localidad	H-5	H-S1	ICTA B1-C4	CENTA M1-B	ICTA T-101	H-3	ACROSS 7423	GEMISA 7421	ACROSS 7432	CRIOLLO
La Joya	2433	2260	1658	1773	1925	1145	1108	1348	1513	1063
El Rosario	6473	6110	6135	5868	6248	6010	5613	6043	5480	4908
Barranca Honda	1603	918	1185	1548	1330	1065	1500	895	1150	1310
Los Amates	3178	2163	2658	1673	1633	2038	1665	2050	1905	1695
Frontera	5223	5410	5535	5040	4698	4263	5218	4243	5148	4908
Retara	1925	1950	2398	1815	1643	1755	1403	1873	1728	1465
El Ovejero	3920	4443	3683	3513	3280	3405	2830	3473	3250	2950
Esmeralda	4298	4768	4445	4153	3990	4145	5058	4638	4088	3658
Los Comunes	1650	1683	1735	1758	1200	1530	2005	1700	813	1303
Chaparrón	3383	3548	2898	3038	3108	3938	3538	2680	2513	1218
Horcones	4448	4940	4308	4148	4675	3653	3993	3950	3038	2363
X	3503	3472	3331	3121	3066	2995	2994	2990	2784	2440

CUADRO 9. — VALORES DE "F" PARA TRATAMIENTOS Y COEFICIENTES DE VARIACION OBTENIDOS EN LA EVALUACION DE 10 VARIEDADES DE MAIZ EN 11 LOCALIDADES DE JUTIAPA.

No. Localidad	Valor de "F"	Coef. de Variac.
1. La Joya	3.06 *	33.76 %
2. El Rosario	4.90 **	5.98 %
3. Barranca Honda	0.72 N.S.	47.34 %
4. Los Amates	0.71 N.S.	36.80 %
5. Frontera	2.63 *	11.05 %
6. Retana	0.98 N.S.	31.22 %
7. El Ovejero	2.33 *	17.59 %
8. Esmeralda	1.45 N.S.	51.37 %
9. Los Comunes	1.23 N.S.	40.25 %
10. Chaparrón	3.46 *	27.23 %
11. Horecones	1.35 N.S.	33.58 %

* Significativo al 5%.

** Significativo al 1%.

N. S. No significativo al 5%.

Se obtuvo diferencia significativa para variedades en las localidades de La Joya, San Cristóbal Frontera y El Ovejero; y altamente significativas en El Rosario y El Chaparrón.

Basándose en la hipótesis nula de que no existen diferencias de rendimiento entre medias de variedades y en los rendimientos obtenidos, podemos notar que dicha hipótesis no fue rechazada en seis de los ensayos al no encontrar diferencias significativas en sus análisis. En las cinco localidades restantes dicha hipótesis fue rechazada al encontrar significancia al 5% de probabilidades por lo que se procedió a efectuar la comparación de medias.

En los cuadros 10, 11, 12, 13 y 14, se presentan las medias de rendimiento de las 10 variedades evaluadas en cada

uno de los ambientes de prueba en los cuales se encontró significancia.

En la localidad de La Joya (ver cuadro 10), las mejores variedades fueron H-5, H-S1, ICTA Tropical 101, CENTA M1-B e ICTA B1-C4; pero sin existir diferencias significativas entre sus respectivas medias.

CUADRO 10. — MEDIAS DE RENDIMIENTO PARA EL TOTAL DE TRATAMIENTOS EVALUADOS EN LA LOCALIDAD DE LA JOYA, 1976.

No. Variedad	Rendimiento promedio kg/ha	Comparación*	% en relación al testigo
1. H-5	2433	a	229
2. H-S1	2260	ab	213
3. ICTA T-101	1925	abc	181
4. CENTA M1-B	1773	abcd	167
5. ICTA B1-CA	1658	abede	156
6. ACROSS 7432	1513	bcdef	142
7. GEMISA 7421	1348	cdefg	127
8. H-3	1145	cdefgh	108
9. ACROSS 7423	1108	cdefghi	104
10. CRIOLLO	1063	cdefghi	100

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí.

* M D S de Duncan.

En El Rosario (cuadro 11), el híbrido H-5 fue el que obtuvo la media de rendimiento más alta superando significativamente sólo a las variedades ACROSS 7423, ACROSS 7432 y criolla.

En San Cristóbal Frontera, la variedad ICTA B1-C4 fue significativamente superior en rendimiento que el H-3 y Gemisa 7421, que estuvieron 13 y 14 % abajo del criollo respectivamente. El resto de variedades fueron iguales entre sí (cuadro 12).

En la localidad de El Ovejero (cuadro 13), los híbridos H-S1, H-5 y las variedades ICTA B1-C4, CENTA M1-B y Gemisa 7421 tuvieron un rendimiento estadísticamente igual entre sí y únicamente H-S1 superó significativamente al resto.

En El Chaparrón, fue el híbrido H-3 el que obtuvo el rendimiento promedio mayor pero estadísticamente igual con el resto de variedades evaluadas, a excepción de ACROSS 7432 y criolla (cuadro 14).

CUADRO 11. — MEDIAS DE RENDIMIENTO PARA EL TOTAL DE TRATAMIENTOS EVALUADOS EN LA LOCALIDAD DE EL ROSARIO 1976.

No.	Variedad	Rendimiento promedio kg/ha	Comparación*	% en relación al testigo
1.	H-5	6473	a	132
2.	ICTA T-101	6246	ab	127
3.	ICTA B1-C4	6136	abc	125
4.	H-S1	6111	abcd	125
5.	GEMISA 7421	6044	abcde	123
6.	H-3	6010	abcdef	122
7.	CENTA M1-B	5867	abcdefg	120
8.	ACROSS 7423	5614	bcdefgh	114
9.	ACROSS 7432	5480	cdefgh	112
10.	CRIOLLO	4907	i	100

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí.

* M D S de Duncan.

CUADRO 12. — MEDIAS DE RENDIMIENTO PARA EL TOTAL DE TRATAMIENTOS EVALUADOS EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL FRONTERA, 1976.

No.	Variedad	Rendimiento promedio kg/ha	Comparación*	% en relación al testigo
1.	ICTA B1-C4	5536	a	113
2.	H-S1	5410	ab	110
3.	H-5	5221	abc	106
4.	ACROSS 7423	5217	abcd	106
5.	ACROSS 7432	5150	abcde	105
6.	CENTA M1-B	5042	abcdef	103
7.	CRIOLLO	4906	abcdefg	100
8.	ICTA T-101	4697	abcdefgh	96
9.	H-3	4262	fghi	87
10.	GEMISA 7421	4242	fghi	86

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí.

* M D S de Duncan.

CUADRO 13. — MEDIAS DE RENDIMIENTO PARA EL TOTAL DE TRATAMIENTOS EVALUADOS EN LA LOCALIDAD DE EL OVEJERO, 1976.

No.	Variedad	Rendimiento promedio kg/ha	Comparación*	% en relación al testigo
1.	H-S1	4443	a	151
2.	H-5	3920	ab	133
3.	ICTA B1-C4	3683	abc	125
4.	CENTA M1-B	3513	abcd	119
5.	GEMISA 7421	3473	abcde	118
6.	H-3	3405	bcdef	115
7.	ICTA T-101	3280	bcdefg	111
8.	ACROSS 7432	3250	bcdefgh	110
9.	CRIOLLO	2950	bcdefghi	100
10.	ACROSS 7423	2830	cdefghi	96

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí.

* M D S de Duncan.

CUADRO 14. — MEDIAS DE RENDIMIENTO PARA EL TOTAL DE TRATAMIENTOS EVALUADOS EN LA LOCALIDAD DE EL CHAPARRON, 1976.

No.	Variedad	Rendimiento promedio kg/ha	Comparación*	% en relación al testigo
1.	H-3	3935	a	323
2.	H-S1	3548	ab	292
3.	ACROSS 7423	3538	abc	291
4.	H-5	3380	abcd	276
5.	ICTA T-101	3106	abcde	255
6.	CENTA M1-B	3038	abcdef	250
7.	ICTA B1-C4	2896	abcdefg	238
8.	GEMISA 7421	2678	abcdefgh	220
9.	ACROSS 7432	2513	bcdefghi	206
10.	CRIOLLO	1217	i	100

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí.

* M D S de Duncan.

4.2. *Análisis Combinado.*

El análisis de varianza combinado de rendimiento mostró diferencias altamente significativas para todas las componentes de variación a excepción de la interacción variedades por localidad (ver cuadro 15).

Las fuentes de variación de mayor interés en este análisis; variedades y la interacción variedades por localidad resultaron altamente significativas y no significativas respectivamente.

Por haber encontrado diferencia altamente significativa en lo que a variedades se refiere, se rechazó la hipótesis nula de que no existen diferencias de rendimiento entre medias de variedad y se procedió a la comparación de medias de rendimiento de las diferentes localidades. Para ello se aplicó la prueba de Tukey al análisis combinado.

En el cuadro 16, se presentan las medias de rendimiento de las 10 variedades de maíz evaluadas en las 11 localidades y su porcentaje de incremento con relación a la variedad criolla.

CUADRO 15. — ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA 10 VARIEDADES DE MAIZ EN 11 LOCALIDADES DE JUTIAPA.

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.
Total	439	1301.27	2.96	
Localidades	10	968.64	96.86	197.67 **
Repeticiones (loc)	33	1061.80	48.54	99.06 **
Variedades	9	40.24	4.47	9.12 **
Var X loc	90	54.53	0.61	1.24 N.S.
Error	297	144.70	0.49	

Coef. de variación 22.81%

** Significativo estadísticamente al 1% de estabilidad.

N.S. No significativo al 5% de probabilidad.

CUADRO 16. — MEDIOS DE RENDIMIENTO PARA EL TOTAL DE TRATAMIENTOS EVALUADOS EN LAS 11 LOCALIDADES.

No.	Variedad	Rendimiento promedio Ton/ha	Comparación*	% en relación al testigo
1.	H-5	3.50	a	143
2.	H-S1	3.47	ab	142
3.	ICTA B1-C4	3.33	abc	136
4.	CENTA M1-B	3.12	abcd	128
5.	ICTA T-101	3.07	abcde	126
6.	H-3	3.00	bcdef	123
7.	ACROS 7423	2.99	cdefg	123
8.	GEMISA 7421	2.99	cdefgh	123
9.	ACROSS 7432	2.78	defghi	114
10.	CRIOLO	2.44	i	100

* Tukey M D S H = 0.472

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

La prueba de Tukey clasificó en primer lugar a las variedades H-5, H-S1, ICTA B1-C4, CENTA M1-B e ICTA Tropical 101. Dichas variedades superaron a las criollas con porcentajes que variaron entre 26 y 43.

La variedad H-5 superó significativamente al H-3, con rendimiento de 0.5 toneladas métricas por hectárea y 1.06 toneladas métricas por hectárea al criollo.

Se observa además que las variedades criollas utilizadas como testigo fueron superadas ampliamente por el resto de variedades evaluadas, mostrando en todas sus comparaciones diferencias significativas.

4.3. *Análisis de Estabilidad.*

Los parámetros de estabilidad estimados de acuerdo al modelo de Eberhart y Russell se presentan en el cuadro 17.

Se observa que únicamente los híbridos H-S1, ICTA Tropical 101, H-3 y la variedad criolla presentan su coeficiente de regresión significativamente diferente de uno; mientras que en sus desviaciones de regresión, a excepción de las Variedades ICTA B1-C4 y GEMISA 7421, todas las variedades evaluadas mostraron resultados significativamente mayores que cero.

CUADRO 17. — PARAMETROS DE ESTABILIDAD Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE 10 VARIEDADES DE MAÍZ EVALUADAS EN 11 LOCALIDADES DE JUTIAPA, 1976.

No.	Variedad	B	S ² DI	Tolerancia a sequía	Días a flor	Altura planta (m)
1.	H-5	1.03 NS	0.125 *	5.6	66	230
2.	H-S1	1.09 *	0.422 *	5.0	65	200
3.	ICTA B1-C4	1.01 NS	0.034 NS	4.0	66	194
4.	CENTA M1-B	0.98 NS	0.148 *	4.0	64	215
5.	ICTA T-101	1.16 *	0.240 *	4.0	64	207
6.	H-3	0.91 *	0.980 *	4.0	62	214
7.	ACROSS 7423	0.93 NS	0.577 *	3.2	62	198
8.	GEMISA 7421	0.996 NS	0.003 NS	4.4	66	188
9.	ACROSS 7432	1.050 NS	0.372 *	6.0	66	214
10.	CRIOLLOS	0.89 *	0.900 *	3.0	62	225

B Significativamente diferente de 1 y S²DI significativamente mayor que 0.

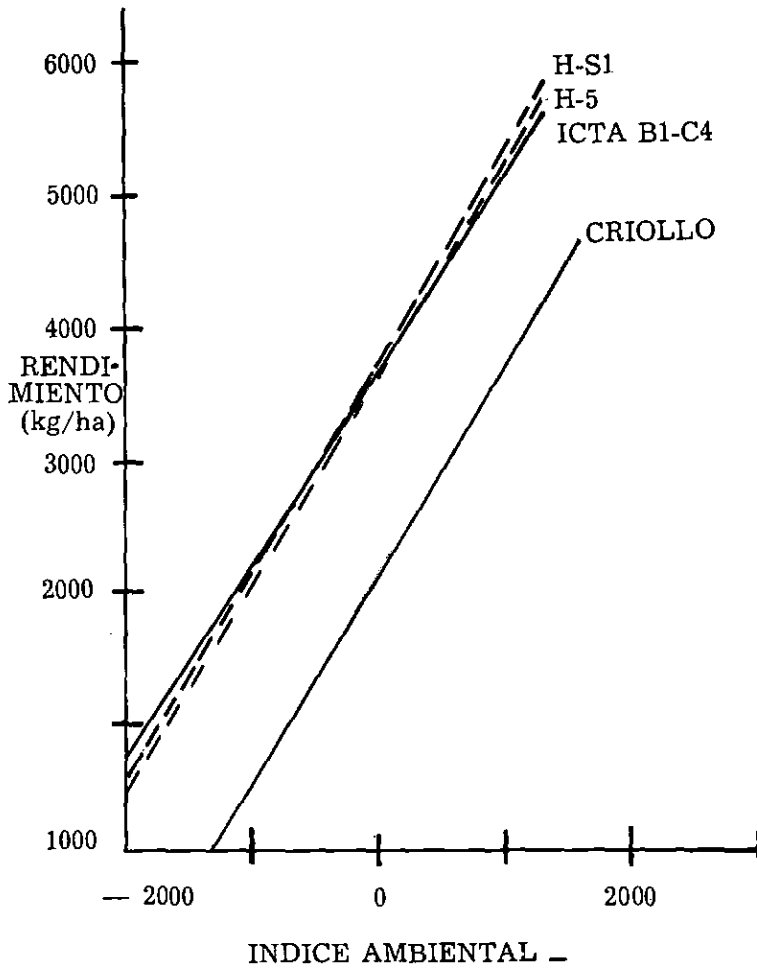
En la figura 1, puede visualizarse la línea de regresión de rendimiento sobre índices ambientales para las 3 variedades que obtuvieron las más altas medias de rendimiento y para la variedad criolla utilizada como testigo.

Puede apreciarse la estabilidad de los híbridos H-5 y H-S1, y de la variedad ICTA B1-C4; a través de la pendiente de cada una de las curvas. H-5 y H-S1 principian con rendimientos bajos en ambientes desfavorables y van subiendo en ambientes favorables, mientras que ICTA B1-C4, en ambientes desfavorables principia con valores relativamente altos y mantiene más o menos su rendimiento en los favorables.

4.4. Características Agronómicas.

Los resultados referente a características agronómicas aparecen en el cuadro 18, en el cual se aprecia que las variedades criolla y Across 7423, respondieron relativamente mejor a condiciones drásticas de sequía; mientras que las

FIGURA 1



LINEA DE REGRESION DE RENDIMIENTO SOBRE INDICES AMBIENTALES PARA 4 VARIEDADES DE 11 ENSAYOS DE 10 ENTRADAS, JUTIAPA, 1976.

más afectadas fueron Across 7423, H-5 y H-S1. En ICTA B1-C4 se observó un comportamiento tolerante a dichas condiciones.

Respecto a días a floración, la variación fue muy poca; fluctuando las medias respectivas entre 62 y 66 días.

Las variedades que mayor altura de planta expresaron son H-5 y la Criolla. Gemisa 7421 e ICTA B1-C4 obtuvieron las menores alturas.

5. DISCUSION

5.1. *Análisis de Rendimiento*

Los rendimientos obtenidos en base al análisis combinado muestran que el H-5 obtuvo la media de rendimiento más alta, sin que haya existido diferencia significativa en la comparación de medias con H-S1, ICTA B1-C4, Centa M1-B e ICTA Tropical 101; coincidiendo con los resultados obtenidos el año anterior en experimentos similares desarrollados por ICTA en la misma región (9).

Dichos resultados también son similares a los obtenidos en experimentos uniformes del PCCMA y el CIMMYT (10) en trece localidades de Centro América durante 1975, en los cuales H-5 superó a las variedades CENTA M1-B, ICTA Tropical 101, ICTA B1-C4 y H-3.

Sin embargo en experimentos realizados por ICTA en la Costa del Pacífico durante 1976 (6), ICTA Tropical 101 obtuvo la media de rendimiento más alta superando a H-5, ICTA B1-C4 y al resto de variedades evaluadas.

Además si observamos los rendimientos de las variedades evaluadas en cada una de las localidades, se nota que hubo variación; pues en 4 de los sitios experimentales, H-5 fue superior en rendimiento, H-S1 lo fue en tres de ellos, ICTA B1-C4 en dos y H-3 con Across 7432 en una localidad cada uno.

Lo anterior nos indica que las variedades evaluadas responden en distinta forma según los ambientes de prueba; ya que estos últimos aparte de sus características inherentes, fueron afectados en diferente magnitud por las condiciones climáticas, principalmente de humedad.

En San Cristóbal Frontera y Esmeralda, localidades ubicadas en los municipios de Atescatempa y Jerez respectivamente; se obtuvieron rendimientos satisfactorios gracias a las condiciones adecuadas de humedad imperante en dichos municipios y a las características aceptables de sus suelos.

En las localidades restantes, a excepción de Horcones y El Rosario cuyos suelos tienen alta capacidad de retención de humedad; los rendimientos se vieron afectados negativamente por la mala distribución de las lluvias, que incluyó un período de sequía excesivamente largo.

5.2. *Análisis Combinado.*

El hecho de haber encontrado diferencias altamente significativas entre localidades experimentales al realizar el análisis de varianza combinado, nos indica las grandes diferencias ecológicas que entre ellas existe.

La interacción variedad por localidad es muy importante ya que nos permite formarnos una idea precisa del rendimiento de las variedades evaluadas, a través de los distintos ambientes de prueba.

A pesar de que en 5 de las localidades sí se obtuvo significancia entre variedades, en la interacción variedades por localidad no hubo diferencias significativas; pero en las localidades en las cuales no hubo significancia entre variedades, los coeficientes de variación fueron los más altos de todos los experimentos.

El comportamiento de las variedades evaluadas también varió en cada localidad, sin embargo H-5, H-S1 e ICTA B1-C4 mostraron siempre tendencia a superar al resto de variedades prueba de ello fue sus medias de rendimiento más altas que las demás.

5.3. *Análisis de Estabilidad.*

En base a la interpretación de los parámetros de estabilidad, según Carballo y Márquez (1970), citados por Córdova (6), se clasifica a ICTA B1-C4 como una variedad "estable" ya que su coeficiente de regresión (B) es igual a 1 y su desviación de regresión (S^2_{di}) igual a 0; además por tener una alta media de rendimiento en relación con el resto de variedades, podría considerarse según Córdova (1975) como "deseable" para los diferentes ambientes experimentales.

ICTA B1-C4, puede considerarse como una variedad estable según Márquez (1973) citado por Arias (1); pues cumple con la condición de no interacción con el medio ambiente establecida por dicho autor; esto se comprueba al observar sus parámetros y su respuesta sobresaliente en forma constante a todos los ambientes de prueba.

El comportamiento estable de esta variedad, concuerda con los resultados obtenidos por Rowe y Andrews (1964), citados por Córdova (5); quienes encontraron mayor interacción en líneas e híbridos que en poblaciones segregantes; esto puede deberse según dichos autores, a diferencias de los grupos en habilidad para explotar ambientes favorables.

El comportamiento de ICTA B1-C4 en esta región, difiere del que se observó en la Costa del Pacífico en experimentos realizados por ICTA en 1976 (6); ya que en estos estudios su desviación de regresión fue mayor a 0.

Igual situación a la de la Costa del Pacífico se dio en los resultados obtenidos en ensayos uniformes de rendimiento del PCCMCA durante el mismo año (17) en 20 localidades de América Central y México.

El H-5, que obtuvo la media de rendimiento más alta entre todas las variedades evaluadas; fue clasificado según la interpretación de los parámetros de estabilidad utilizada en este estudio, como una variedad cuya respuesta es buena en todos los ambientes, pero en forma inconsistente según se interpreta por la magnitud de sus desviaciones de regresión ($B = 1$ y $S^2_{di} > 0$).

Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Córdova (1975), quien clasificó al H-5 mediante el mismo método, como una variedad estable pero en una región totalmente diferente. Sin embargo, su desviación de regresión obtuvo un valor negativo por lo que se le consideró igual a 0 y el coeficiente de regresión 1.106 bastante similar al obtenido en el presente estudio ($B = 1.103$) y al obtenido por Córdova *et al* (1977).

Las variedades de polinización libre CENTA M1-B, Across 7423 y Across 7432, se clasifican en el mismo grupo con H-5. De ellos únicamente CENTA M1-B obtuvo una media de rendimiento significativamente igual a la de este híbrido.

Los híbridos H-S1 e ICTA Tropical 101, de acuerdo a la interpretación utilizada, se considera que responden mejor en buenos ambientes pero en forma inconsistente, según lo demuestra su coeficiente de regresión mayor que 1 y su desviación de regresión mayor que 0.

Los híbridos antes mencionados obtuvieron medias de rendimiento significativamente igual que H-5.

La notoria superioridad en rendimiento de los híbridos sobre las variedades de polinización libre, coinciden con los resultados obtenidos por Chidda y Leng (1972), citados por Arias (1); quienes encontraron que en general los híbridos rindieron más que las variedades en cada estación en que se desarrollaron.

Resultados similares obtuvieron Olivieri y Parrini (1974), citados por Arias (1); en estudios sobre estabilidad, dichos autores encontraron que los híbridos fueron más variables en rendimiento que las variedades de polinización libre, pero con alto rendimiento en sus promedios.

El comportamiento de ICTA Tropical 101 en esta región, difiere bastante con los resultados obtenidos en la Costa del Pacífico por ICTA durante 1976 (6), en donde incluso obtuvo la media de rendimiento más alta.

GEMISA 7421, respondió como una variedad estable al igual que ICTA B1-C4; sin embargo, su bajo rendimiento (11.4% menor que la del ICTA B1-C4), no le permite clasificarse según Córdova (1975), como una variedad "deseable" para los diferentes ambientes de prueba.

Las variedades criollas respondieron relativamente mejor a las condiciones drásticas de sequía, pero en forma inconsistente; así lo indica su coeficiente de regresión menor que 1 y su desviación de regresión mayor que 0. Un comportamiento similar se observó en el híbrido H-3.

En los resultados obtenidos en este estudio, se observa una tendencia de asociación positiva entre rendimiento y coeficientes de regresión; es decir, que a medida que se incrementa el rendimiento, el coeficiente de regresión es mayor. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Carballo (1970) y Córdova (1975).

5.4. *Características Agronómicas.*

ICTA B1-C4, es una variedad de polinización libre que expresó en la presente evaluación, características agronómicas deseables; tolerante a sequía, altura de planta considerablemente más baja que el resto de variedades, superando su rendimiento en 36% al criollo y 31 cm. menor que éste en altura.

Las características mencionadas y el comportamiento estable en ambientes desfavorables, hacen de ICTA B1-C4, una variedad ideal para las condiciones ecológicas de la región.

H-5 posee una altura de planta demasiado elevada, lo cual lo hace susceptible al acame; factor muy importante en la región por la común incidencia de vientos fuertes; además es bastante afectado por la sequía, características similares pero en menor magnitud se observaron en H-S1 e ICTA Tropical 101.

Los híbridos antes mencionados serían adecuados para regiones que presenten características favorables.

La variedad ACROSS 7423 respondió relativamente mejor a condiciones drásticas de sequía y su altura de planta es aceptable; además dado a sus parámetros de estabilidad obtenidos ($B = 1$ y $S^2_{di} > 0$), se considera como una variedad de comportamiento relativamente mejor en ambientes pobres.

6. CONCLUSIONES

Luego de analizar el comportamiento de las distintas variedades de maíz evaluadas y de acuerdo al objetivo que se planteó en este trabajo de investigación, se concluye así:

- 6.1. Los rendimientos promedios obtenidos en los distintos municipios (a excepción de Atescatempa y Jerez), se consideran bajos: esto nos indica que los ambientes de prueba no permitieron la expresión del potencial de rendimiento de los materiales evaluados, principalmente por la escasez y mala distribución de las lluvias.
- 6.2. Los híbridos H-5, H-S1 y la variedad de polinización libre ICTA B1-C4 obtuvieron las más altas medias de rendimiento superando con 46, 43 y 36% respectivamente a los criollos de la región sur-oriental; no existiendo diferencias significativas entre las 3 variedades mencionadas.
- 6.3. La variedad ICTA B1-C4, se considera estable para los distintos ambientes de prueba; en base a sus parámetros de estabilidad $B = 1$ y $S^2_{di} = 0$; además por su rendimiento elevado con relación a las otras, resulta una variedad deseable para las condiciones ecológicas tan variables del sur-oriental.

ICTA B1-C4 posee además otras características agronómicas deseables para la región, tales como: to-

lerancia a sequía y baja altura de planta. Por otra parte por ser una variedad de polinización libre, representa ciertas ventajas para el agricultor.

- 6.4. El híbrido H-5 se clasifica según sus parámetros de estabilidad ($B = 1$ y $S^2_{di} > 0$), como una variedad cuya respuesta es buena en todos los ambientes pero en forma inconsistente.

Por su altura de planta demasiado elevada, resulta susceptible al acame, factor muy importante en la región por la común incidencia de vientos fuertes.

- 6.5. El híbrido H-S1, muestra una estabilidad un tanto similar a la del H-5; pero su adaptabilidad es diferente ya que su rendimiento en ambientes favorables, es evidentemente superior al de las otras variedades evaluadas.
- 6.6. Entre las variedades precoces, ACROSS 7423 se comportó como una variedad que responde relativamente mejor donde las condiciones adversas de baja precipitación pluvial son limitantes a los rendimientos.

7. RESUMEN

Se estudió el comportamiento de 10 variedades de maíz en 11 diferentes localidades del departamento de Jutiapa con el fin de evaluar su estabilidad y adaptabilidad al área.

Las 10 variedades fueron evaluadas en ensayos uniformes bajo un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. El análisis de estabilidad realizado se basó en el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), citados por Córdova (5).

Las condiciones de precipitación fueron escasas y mal distribuidas, lo cual incidió negativamente en los rendimientos; pero permitió observar en los materiales evaluados, su resistencia a sequía.

Las variedades más rendidoras, entre las evaluadas fueron: H-5, H-S1 e ICTA B1-C4 superando con 46, 43 y 36% respectivamente a los criollos de la región; no existiendo diferencias significativas entre las 3 variedades mencionadas.

A pesar de que los híbridos H-5 y H-S1 tuvieron las más altas medias de rendimiento, su comportamiento no fue estable; sin embargo, en ambientes favorables, evidentemente son superiores.

La variedad de polinización libre ICTA B-1-C4, clasificó como estable en base a la magnitud de sus parámetros de estabilidad ($B = 1$ y $S^2di = 0$), además por su media de rendimiento alta en relación a las otras variedades y por sus características agronómicas adecuadas para condiciones adversas, se considera deseable para la región en estudio.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—ARIAS, R., Ensayo preliminar de rendimiento con híbridos y variedades experimentales de maíz. En: XXII Reunión Anual del PCCMCA. San José, Costa Rica, 26-29 de julio 1976. pp 1-14.
- 2.—BRAUER, O., Fitogenética aplicada. México, Editorial Limusa-Wiley, S. A., 1969. 518 p.
- 3.—CAMACHO, L. H., Estabilidad y adaptabilidad de líneas homocigotas de frijol, *Phaseolus vulgaris* L., y su implicación en la selección por rendimiento. En: Revista ICA, Colombia (3), 1968. pp 165-178.
- 4.—CARBALLO, C. A., Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Chapingo, Colegio de Post-graduados, México, 1970. (Tesis Mag. Sc.).
- 5.—CORDOVA, H. S., Efecto del número de líneas endogámicas sobre el rendimiento y estabilidad de las líneas sintéticas derivadas en maíz (*Zea mays* L.), Chapingo, Colegio de Post-graduados, México, 1975. 117 p. (Tesis Mag. Sc.).
- 6.—POEY, F., CRISOSTOMO, C. & SALGUERO, V., Uso de parámetros de estabilidad en la evaluación de variedades comerciales y experimentales de maíz, en la Costa del Pacífico y Oriente de Guatemala. En: XXIII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, 21-24 de marzo, 1977. 22 p.
- 7.—GALL, F., Diccionario Geográfico Nacional. Guatemala. Instituto Geográfico Nacional, 1977. (Inédito).
- 8.—GUATEMALA, Ministerio de Agricultura, Instituto de Ciencia y Tec-

- nología Agrícolas. Informe Anual 1974-75. Guatemala, ICTA. 1976. pp 6-21.
- 9.———Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Informe anual 1975-76. Prueba de Tecnología, Producción "0". Guatemala, ICTA, 1976. pp. 1-17.
 - 10.———Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe Anual 1975-76. Programa de Producción de Maíz. Guatemala, ICTA, 1976. pp 28-50.
 - 11.———Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe Programa de Producción de Maíz, 1976-77. Guatemala, ICTA, 1977. 136 p.
 - 12.———Observatorio Nacional, y Ministerio de Agricultura, IAN. Atlas climatológico de Guatemala. Guatemala, 1964).
 - 13.—HOLDRIDGE, L. R. Mapa de Zonificación Ecológica de Guatemala, según sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura, SCIDA, 1958. 19 p.
 - 14.—MARQUEZ, S. F. El problema de la interacción genético ambiente en genotecnia vegetal, Chapingo, Colegio de Post-graduados, México, 1970. pp 22-23 (Tesis Mag. Sc.).
 - 15.—MARTINEZ, W. O., TORREGROSA, M. C. & MARTINEZ, B. R., 1970. Estabilidad fenotípica de poblaciones heterocigóticas en maíces de clima frío. Fitotecnía Latinoamericana, 7:71-84.
 - 16.—MEXICO, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Resultados preliminares, 1975, México, CIMMYT, 1976. 13 p.
 - 17.———Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Informe Programa de Maíz de CIMMYT para Centro América. México, CIMMYT, 1977.
 - 18.—POEY, F. R., CORDOVA, S. & FUENTES, A. Conceptos Teóricos que respaldan los programas de Mejoramiento de maíz. Guatemala, ICTA. 1976. 94 p.
 - 19.—SIMMONS, C. S., TARANO, J. M. & PINTO, J. H. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Gua-

temala, Ministerio de Educación Pública, Ed. "José de Pineda Ibarra" y Ministerio de Agricultura, IAN-SCIDA, 1959, 1000 p.

20.—STEEL, R. G. & TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw — Hill Books Company, Inc. 1960.

21.—VELASQUEZ, R. & FUENTES, A. Ensayos de rendimiento de 12 genotipos en 3 densidades de población y 3 niveles de fertilidad en 2 localidades. En: XXI Reunión Anual PCCMCA. El Salvador, C. A. 7-11 de abril, 1975, pp 1-14.

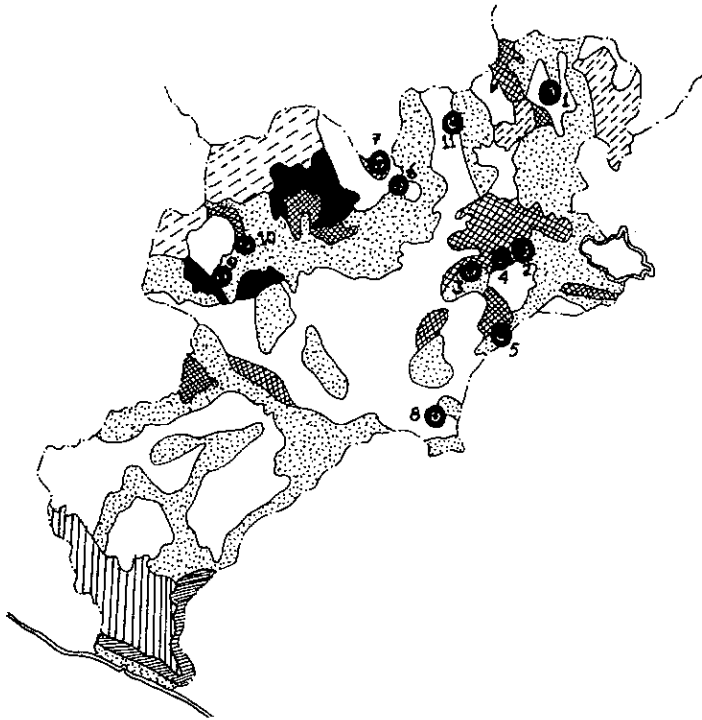
Vº Bº

PALMIRA R. DE QUAN
Bibliotecaria.

APENDICE

FIGURA 2

MAPA DEL DEPARTAMENTO DE JUTIAPA, MOSTRANDO LOS DIFERENTES GRUPOS DE SUELO Y LA UBICACION DE LOS EXPERIMENTOS.*



Suelos desarrollados sobre terreno casi plano o moderadamente inclinado (series: Comapa, Culma, Chicaj, Güija, Mita y Quezada).



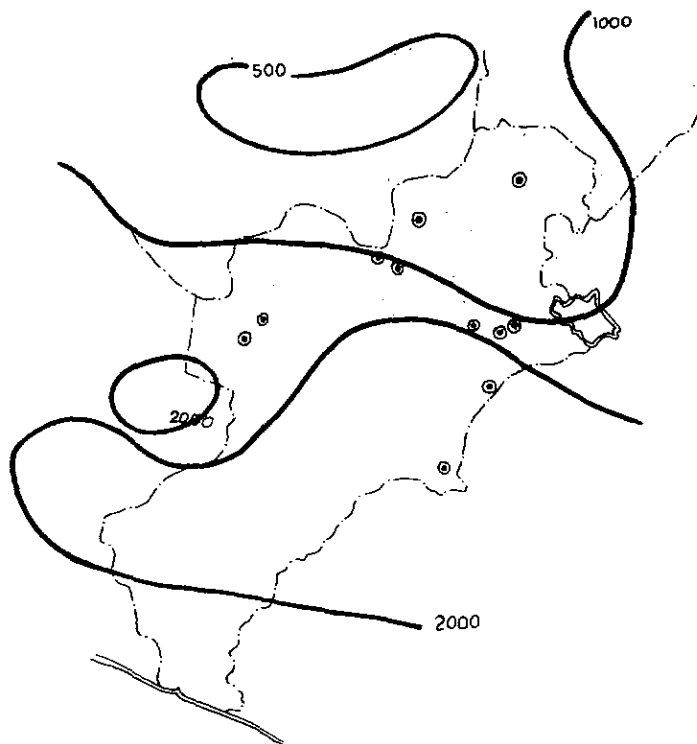
Suelos desarrollados sobre materiales mixtos de color oscuro, pendientes inclinadas (series: Jilotepeque, Mongoy, Moyuta y Suchitán).



Suelos de los valles no diferenciados y aluviales no diferenciados.

* Tomado de Simmons et al (1959)

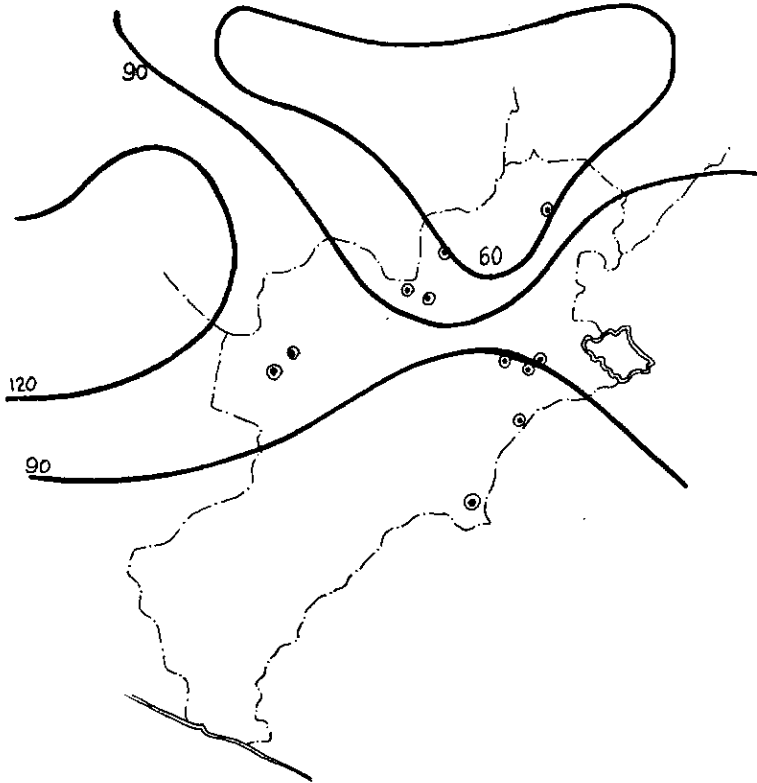
FIGURA 3



Mapa climatológico del departamento de Jutiapa.* Isoyetas anuales
(precipitación mm.).

* Proporcionado por el Observatorio Meteorológico Nacional.

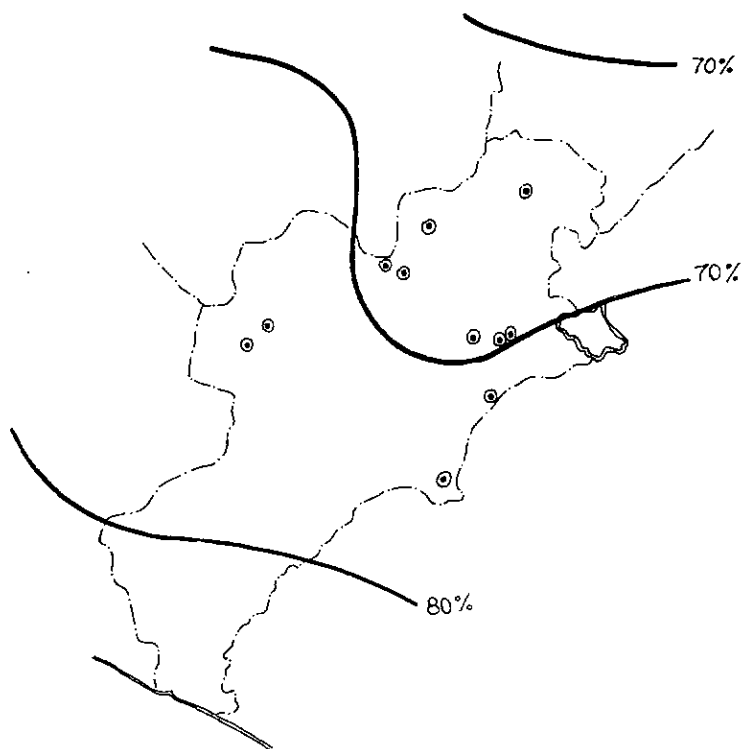
FIGURA 4



Mapa climatológico del departamento de Jutiapa.* Días de lluvia anuales.

* Proporcionado por el Observatorio Meteorológico Nacional.

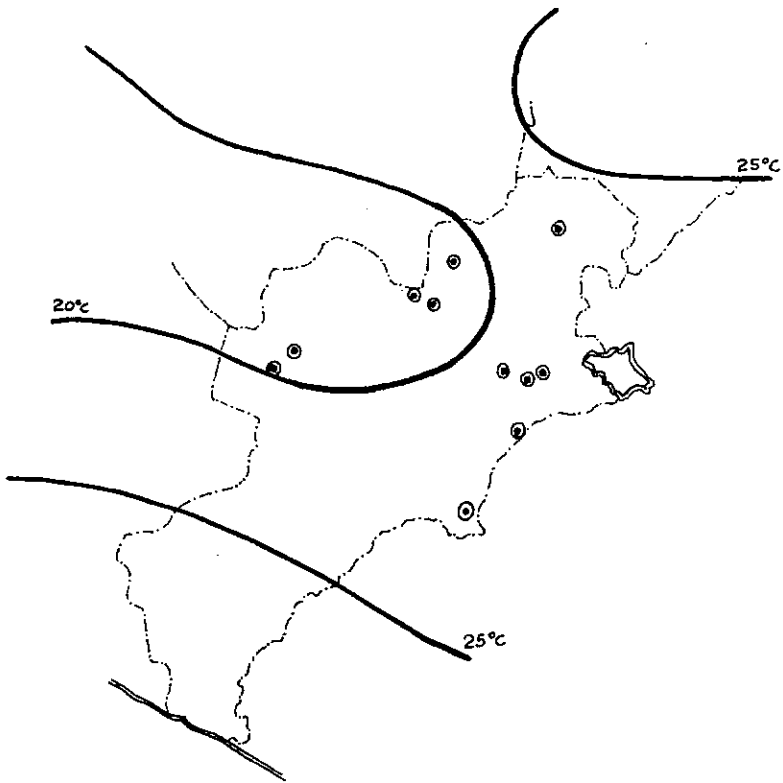
FIGURA 5



Mapa climatológico del departamento de Jutiapa.* % de humedad anual
(x).

* Proporcionado por el Observatorio Meteorológico Nacional.

FIGURA 6



Mapa climatológico del departamento de Jutiapa. Temperatura media anual (°C)

* Proporcionado por el Observatorio Meteorológico Nacional.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

IMPRIMASE:

A large, stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Rodolfo Estrada González.

Ing. Agr. Rodolfo Estrada González
Decano en Funciones

