

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTIMACION DE LA INTERACCION GENOTIPO X
AMBIENTE Y ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO
DE GRANO DE MAIZ (*Zea mays* L.) EN LA
REGION NORTE DE TAMAULIPAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JUAN ANTONIO MORALES HERNANDEZ

MONTERREY, N. L.

MARZO 1982

633
1982

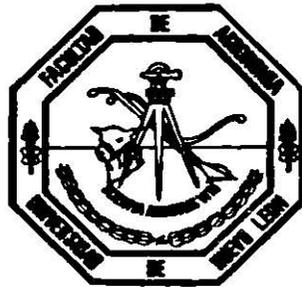


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100



1080062794

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTIMACION DE LA INTERACCION GENOTIPO X
AMBIENTE Y ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO
DE GRANO DE MAIZ (Zea mays L.) EN LA
REGION NORTE DE TAMAULIPAS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

JUAN ANTONIO MORALES HERNANDEZ

MONTERREY, N. L.

MARZO 1982

T
5B191
.M2
M67H

40 633
FA 10
9 82



Biblioteca Central
Magna Solidaridad



BU Raúl Rangel Fierro
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

Tesis

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

ANTONIO MORALES BETANCOURT

MARIA DE LOS SANTOS HERNANDEZ DE MORALES

Quienes siempre me apoyaron en la realización
de mis estudios.

A MI ESPOSA:

MARIA DE LA LUZ PEREZ DE MORALES

Quien descifró todos mis garabatos.

A MIS HERMANOS:

FRANCISCO JAVIER
ROGELIO

A MIS HERMANOS (AS) POLITICOS

A MIS SOBRINOS:

SANDRA
FRANCISCO JAVIER
JUAN ANTONIO
RAUL SERGIO

A G R A D E C I M I E N T O S

- 1.- Al Programa de Maíz del Campo Agrícola Experimental de Río Bravo el haber proporcionado los materiales para la realización del presente estudio.
- 2.- A los señores Eutimio Longoria Sáenz, Emilio Olivares González, Pedro Gutiérrez de la Garza, Crescencio Flores Guajardo y Marcelo Vázquez González el haber facilitado parte de sus parcelas en las cuales se sembraron los experimentos.
- 3.- A los Ingenieros: Javier García Canales, Marco Vinicio Gómez Meza y César Humberto Rivera Figueroa por la revisión y sugerencias en la redacción de este trabajo.
- 4.- A la Srta. María Guadalupe Pérez Flores la mecanografía de parte del presente escrito.
- 5.- A mi esposa María de la Luz por su habilidad en la transcripción mecanográfica de mis garabatos.

CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	3
Interacción Genotipo-Ambiente.....	3
Parámetros de Estabilidad.....	15
MATERIALES Y METODOS.....	32
Descripción de la Región de Estudios.....	32
Ubicación de las Localidades de Prueba.....	35
Variedades.....	36
Diseño Estadístico de los Experimentos.....	37
Análisis Estadístico.....	38
RESULTADOS.....	45
Interacción Genotipo-Ambiente.....	45
Parámetros de Estabilidad.....	54
DISCUSION.....	59
Interacción Genotipo-Ambiente.....	59
Parámetros de Estabilidad.....	61
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69
APENDICE.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	75

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

- CUADRO 1. Nombre del agricultor cooperante, municipio y fecha de siembra para cada uno de los experimentos.
- CUADRO 2. Análisis de varianza conjunta y cuadrados medios esperados para un modelo con ambientes al azar y variedades fijas (Cochran y Cox, 1965).
- CUADRO 3. Análisis de varianza, Eberhart y Russell (1966).
- CUADRO 4. Análisis de varianza conjunto para 24 híbridos de maíz evaluados en seis ambientes. 1979 A.
- CUADRO 5. Cálculos de la Prueba de Bartlett para la homogeneidad de varianza. (Rendimientos).
- CUADRO 6. Cálculos para el análisis de varianza ponderado.
- CUADRO 7. Cálculos de la Prueba de Bartlett para la homogeneidad de varianza. (Días a floración).
- CUADRO 8. Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de 24 híbridos de maíz, evaluados en seis ambientes. 1979 A.
- CUADRO 9. Rendimiento promedio, parámetros de estabilidad estimados y otras características agronómicas para 24 híbridos de maíz. 1979 A.

LISTA DE FIGURAS DEL APENDICE

- FIGURA 1A. Localización geográfica del área de estudio.
- FIGURA 2A. Ubicación de las localidades de prueba.

RESUMEN

Se evaluaron 24 híbridos de maíz, tanto experimentales como comerciales, en seis localidades de los Distritos de Riego Nos. 25 (Bajo Río San Juan) y 26 (Bajo Río Bravo) para determinar la magnitud de la interacción genotipo-ambiente, así como su estabilidad. Los ensayos estuvieron en parcelas de agricultores cooperantes y en instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). En todos los casos se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se aplicó la prueba de Bartlett para determinar la homogeneidad de las varianzas, encontrándose que son heterogéneas, por lo que se procedió a hacer un análisis de varianza ponderado, concluyendo que sí hay interacción de variedad-localidad. En cuanto a la estabilidad de cada uno de los genotipos, se encontraron materiales que se ajustan al concepto de estabilidad propuesto por Eberhart y Russell (1966). Entre las conclusiones puede destacarse que sería conveniente una subdivisión de los Distritos de Riego 25 y 26 para propósitos de evaluación de variedades de maíz y que es necesario considerar otros factores en la recomendación de variedades, aparte del rendimiento promedio alto y los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell (1966).

INTRODUCCION

En la evaluación de variedades de maíz, diversos motivos, (entre ellos los de origen presupuestal) obligan a llevar a cabo los programas de evaluación en una sola localidad. Un sólo experimento, si bien se repite cada año, proporciona información de un sólo lugar, no tomando en cuenta las diferentes prácticas de cultivo llevadas a cabo por los agricultores de otras localidades de los Distritos de Riego Nos. 25 y 26; otro aspecto importante que habría que considerar es el tipo de suelo, variable de un lugar a otro. En consecuencia, si las recomendaciones de variedades de maíz han de servir en un área razonablemente grande, deberían ser evaluadas en diferentes lugares, ya sea en subestaciones experimentales o en lotes de agricultores cooperantes. Considerando lo anterior se decidió evaluar un grupo de híbridos experimentales y comerciales a nivel regional, tanto en parcelas de agricultores cooperantes como en instalaciones de INIA. Los híbridos experimentales son cruza triples en donde intervienen las cruza simples sobresalientes $T_{13} \times T_{15}$, $T_{19} \times T_{20}$ y $T_{24} \times T_{27}$ del programa de maíz del CAERIB*. Estos híbridos experimentales se espera su peren en rendimiento y otras características agronómicas a los híbridos mexicanos actualmente recomendados para la Zona Norte de Tamaulipas (H-412, H-417 y H-418). De esta manera, el presente estudio tiene los siguientes objetivos:

- 1) Determinar la magnitud de la interacción genotipo-ambiente.
- 2) Identificar materiales estables y de alto rendimiento.

(*) Campo Agrícola Experimental de Río Bravo.

REVISION DE LITERATURA

Interacción Genotipo-Ambiente.

Miller et al (1959), evaluaron por un período de tres años 15 variedades de algodón en nueve localidades de Carolina del Norte en E.U.A.; el estudio fué diseñado para obtener las estimaciones de las magnitudes relativas a varios tipos de interacciones genotipo-ambiente, y considerar las implicaciones de éstas en los procedimientos de evaluación de variedades. Con respecto a rendimiento, las interacciones de genotipo-localidad y genotipo-año fueron muy pequeñas y estadísticamente no significativas; sin embargo, la interacción de segundo orden de genotipo-localidad-año fué de magnitud sustancial y altamente significativa. Estos resultados indican que las variedades respondieron en forma muy diferente y que no hubo efectos consistentes de localidad o año en la respuesta varietal diferencial durante el período de prueba. Las observaciones sobre las pruebas individuales sugieren a los autores que los patrones de distribución de lluvia e infestación de insectos fueron factores muy importantes para determinar la respuesta varietal diferencial. En el área muestreada las diferencias de tipo de suelo parecen tener poco efecto en el comportamiento de las variedades. Otras características de rendimiento (con excepción de fineza de fibra), mostraron este mismo patrón de interacción. Finalmente mencionan que debido a la falta

de interacciones de variedad-localidad sería de poca o ninguna ventaja la división del Estado en subáreas para propósitos de mejoramiento y evaluación.

Jones et al (1960), usaron estimadores de los componentes de varianza para determinar el número óptimo de repeticiones, localidades y años que podrían ser utilizados para obtener el nivel deseado de eficiencia en tabaco (Nicotiana tabacum L.). Mencionan que las interacciones de primer orden, variedad-localidad, fueron pequeñas y no significativas para muchos de los ensayos. Sin embargo, la interacción de variedad-localidad-año fué altamente significativa si bien fué pequeña en relación con las componentes varietales de muchos de los caracteres. Esta interacción de segundo orden indica que bajo estas condiciones hay algo de respuesta diferencial a ambientes pero no es expresada para la agrupación por años o localidades. La interacción de variedades con ambientes parece surgir de condiciones específicas tales como patrones de lluvia, enfermedades, etc., que existen en un experimento en particular. Concluyen que de las diferentes combinaciones de años localidades y repeticiones, las variedades de tabaco en Carolina del Norte pueden ser adecuadamente evaluadas con datos obtenidos en dos años con cinco localidades por año y tres repeticiones en cada localidad.

Allard (1961), trabajó con poblaciones de haba (Vicia-

faba) que representaban tres niveles de diversidad genética: poblaciones en masa, líneas puras y mezclas de líneas puras. De acuerdo a su evidencia la superioridad de los híbridos complejos (poblaciones en masa) sobre las mezclas simples estuvo asociada, no con heterosis, sino en parte con la capacidad de los diferentes genotipos para explotar sitios ecológicos particulares en su propio beneficio y en parte con la eliminación de los genotipos más pobres en rendimiento por selección natural durante la propagación en masa de las poblaciones híbridas. Las mezclas parecen estar aseguradas contra los rendimientos muy bajos pero los factores genéticos y ecológicos que producen estabilidad en producción no necesariamente dotan a las mezclas con una capacidad promedio alta de productividad.

Rassmusson y Lambert (1961), evaluaron un grupo de variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) en diversos ambientes comprendiendo localidades y años. En este estudio la interacción variedad-localidad fué pequeña, lo cual indica que las variedades rindieron similarmente, de tal manera que se puede reducir el número de sitios de prueba. La componente variedad-año fué estadísticamente significativa, es decir, la reacción varietal entre años fué menos consistente que entre localidades. La interacción variedad-localidad-año resultó altamente significativa; mencionan que esto fué una respuesta diferencial al ambiente que no es expresada ni por localidades ni por años. Finalmente estos auto-

res consideran que la prueba más ventajosa para las condi
ciones donde se realizó el estudio son tres repeticiones,
seis localidades y tres años.

Miller et al (1962), evaluaron 16 variedades de algo-
dón (Gossypium hirsutum L.) en 11 localidades por un perío-
do de tres años. Para la característica de rendimiento
los resultados indicaron la presencia significativa de una
interacción de segundo orden variedad-localidad-año lo que
sugiere que las variedades muestran una respuesta diferen-
cial cuando se desarrollan en distintos ambientes. La in-
teracción de primer orden variedad-localidad, aunque signi-
ficativa estadísticamente, fué considerada más pequeña que
la interacción de segundo orden, indicando sin embargo que
algunas de las variedades tendieron a ser diferentes en ren
dimiento en ciertas localidades mientras que otras no lo
fueron. Mencionan además que lo que se refiere a los proce
dimientos de mejoramiento y evaluación de algodón, es nece-
sario que las variedades sean evaluadas sobre una muestra
adecuada de ambientes, para lo cual sugieren:

- 1) Una serie de localidades en un año.
- 2) Una serie de años en una localidad.
- 3) Cualquier combinación de años y localidades que inclu-
yan un número moderado de pruebas.

Finalmente concluyen que para su grupo de datos se reque-
rían de 10 a 12 pruebas de ambientes para obtener estimacio
nes precisas y razonables del comportamiento de variedades

dentro del área de mejoramiento al Este de Texas.

Allard y Bradshaw (1964), presentan un resumen de los conocimientos sobre las interacciones genotipo-ambiente y sus relaciones con el mejoramiento de plantas. Analiza la complejidad de las interacciones genotipo-ambiente y la dificultad que por ella existe, en el análisis y explicación de las causas básicas que operan y en la medida de magnitud de las interacciones. Dividen las variaciones ambientales en predecibles e impredecibles, siendo predecibles todas aquellas características del ambiente, como caracteres generales del clima, tipo de suelo, etc. Esto también incluye algunos aspectos del ambiente que pueden ser determinados por el hombre y que pueden ser fijados más o menos por él, tales como fechas de siembra, densidades, métodos de cosecha y otras prácticas agronómicas. Por otra parte, las variaciones impredecibles son todas aquellas fluctuaciones función del tiempo, tales como cantidad y distribución de las lluvias y temperaturas. Denominan a una variedad como "buena amortiguadora" o con "buena flexibilidad" cuando puede ajustar su condición genotípica y fenotípica a condiciones transitorias del ambiente y distinguen dos tipos de flexibilidad a través de los cuales una variedad puede tener estabilidad:

- 1) "Flexibilidad Individual" cuando los individuos por sí mismos pueden ser de "buena flexibilidad", de tal forma que cada miembro de la población tiene una buena adapta-

ción al rango de ambientes, y

2) "Flexibilidad Poblacional", que surge de las interacciones de los diferentes genotipos coexistiendo, cada uno de ellos adaptado a determinados rangos de distintos ambientes.

Estos autores hacen una clasificación de las interacciones para dos poblaciones genéticamente diferentes y dos ambientes y muestran seis tipos de interacción de 24 posibles, sin embargo, en la práctica donde se consideró un gran número de genotipos y ambientes la explicación es extremadamente compleja. Solamente para 10 genotipos y 10 ambientes se obtienen 10^{145} tipos posibles de interacción. Finalmente los autores concluyen que la diversidad genética a menudo conduce a estabilidad, bajo condiciones ambientales cambiantes.

Liang et al (1966), evaluaron tres cultivos, trigo (Triticum aestivum L.), cebada (Hordeum vulgare L.) y avena (Avena sativa L.), en el Estado de Kansas, E.U.A. con el propósito de obtener estimaciones de varios tipos de interacción genotipo-ambiente y considerar tales interacciones en los procedimientos de evaluación de variedades. Estos autores observaron que las interacciones variedad-año fueron pequeñas y no significativas y en cambio las de segundo orden, variedad-localidad-año, fueron altamente significativas. Encontraron una interacción de variedad-localidad no significativa para la avena, mencionando que la selección

de las cinco localidades para avena estuvo basada en estudios previos, los cuales indicaban que eran convenientes para su producción. En cambio para trigo y cebada se obtuvo una interacción variedad-localidad significativa lo que sugería que el Estado de Kansas podría ser dividido en subáreas. Cuando se agruparon las localidades apropiadas fué clara una reducción en la interacción variedad-localidad mencionando que cada subárea podría ser considerada como una unidad independiente en las pruebas de significancia de variedad-localidad debido a que cuando se toman en conjunto no siempre proporcionan una verdadera descripción de su significancia.

Allard (1967), menciona que la superioridad de los individuos está subordinada a la prosperidad de la población, a no ser que la superioridad individual contribuya también a la adaptación general. Estos sistemas, una vez establecidos, se regulan por sí solos y despliegan una gran resistencia a cualquier modificación de caracteres individuales, causada por la selección, que destruya el equilibrio general; a esta propiedad conservadora de las poblaciones mendelianas Lerner le dió el nombre de homeostasis genética.

Schutz y Bernard (1967), usaron las estimaciones de la interacción genotipo-ambiente para determinar la relación óptima entre localidades y años en siete ensayos de soya (Glycine max L. Merrill). Tanto la interacción de segundo

como de primer orden fueron estadísticamente significativas al 0.05 de probabilidad. Estos autores sugieren que es conveniente que se haga una evaluación extensiva de material y que los datos que proporcionen 10 ó 15 localidades en un año podrían ser suficientes para eliminar aquellas variedades de rendimiento bajo y de esta manera permitir un movimiento rápido del material mejorado.

Bridge et al (1969), evaluaron ocho variedades de algodón (Gossypium hirsutum L.) en tres localidades por un período de tres años con el fin de estimar la magnitud de las interacciones variedad-ambiente. La presencia de una interacción variedad-localidad-año para rendimiento de tres características indicaron que las variedades mostraron respuestas diferenciales cuando se desarrollaban en diferentes ambientes. La falta de significancia variedad-localidad y variedad-año para todos los caracteres medidos indicó que ni localidades ni años tuvieron algún efecto en la respuesta diferencial de variedades.

Carballo y Márquez (1970), mencionan que un análisis conjunto de todos los ensayos regionales permitiría las estimaciones de las interacciones variedad-año y variedad-localidad y en función de lo que fuera más importante, cabría para el primer caso, ampliar las pruebas a un mayor número de años, ya que el mejorador estaría ante situaciones que no podría preveer; en cambio si la variedad-locali

dad fuera la interacción más importante, lo conveniente sería una subdivisión de la región en subregiones más o menos homogéneas en las que se llevaran a cabo las pruebas para un menor número de años.

Murray y Verhalen (1970), evaluaron 11 variedades de algodón (Gossypium hirsutum L.) en tres localidades durante un período de tres años, encontrando una fuerte interacción de variedad-localidad para la característica rendimiento de fibra por lo que sugieren que el Estado de Oklahoma debería ser dividido de alguna manera para propósitos de evaluaciones de genotipos y/o definición de localidad de selección; indican que una división en riego y temporal podría ser adecuada.

Yates y Cochran, según Yates (1970), desarrollaron una técnica para analizar los grupos de experimentos la cual consta de dos partes: Un análisis de varianza común y corriente (el convencional) y un análisis de regresión para detectar variedades estables. Mencionan que esta técnica es útil principalmente tratándose de ensayos de variedades y experimentos multifactoriales de fertilizantes.

Moll y Suberr (1974), mencionan que la significancia de las interacciones genotipo-ambiente depende de los objetivos del mejorador. Si desea variedades que se comporten bien sobre un amplio espectro de ambientes, entonces el pro

grama es favorecido por pequeñas interacciones y/o variedades de buena flexibilidad; por otro lado, si desea variedades que estén adaptadas en ambientes muy específicos, entonces el programa se beneficiará por grandes interacciones, siendo la flexibilidad de las poblaciones de poca importancia.

Baihaki et al (1976), llevaron a cabo un estudio con el fin de determinar la relación de la interacción genotipo-ambiente en tres niveles de rendimiento (alto, mediano y bajo) en pruebas preliminares de rendimiento en 44 líneas mejoradas de soya (Glycine max L. Merr) y cuatro variedades evaluadas en tres localidades del Estado de Minnessota, E. U.A., por un período de tres años. Las interacciones genotipo-ambiente fueron estimadas dentro de cada grupo y sobre todas las líneas; también se estimaron los parámetros de estabilidad para las líneas como una evaluación de la estabilidad en cada grupo. Al comparar los grupos de rendimiento (alto, mediano y bajo), las líneas del grupo de rendimiento medio fueron las más estables y las líneas del grupo de rendimiento bajo fueron las menos estables. Después de seleccionar los mejores materiales en cada ambiente en particular, estos autores concluyen que las pruebas preliminares de rendimiento en un sólo ambiente pueden ser usadas sin riesgo de descartar material sobresaliente.

Campbell y Lefever (1977), usaron los datos de ensayos

de trigo suave de invierno (Triticum aestivum L. em Thell) para examinar los procedimientos de prueba y selección de dicho cultivo en la región Norte de Estados Unidos. Mencionan que los componentes de varianza para variedades-localidades, variedades-años y variedades-localidades-años indicaron que la interacción de las variedades con los ambientes fué de considerable importancia en la determinación de rendimiento. Los resultados indicaron que algunas selecciones para adaptación específica ocurren para muchos programas de mejoramiento y que los sitios de la selección de generación temprana tuvieron un mejor papel en la determinación del rango de adaptación. Los métodos de taxonomía numérica fueron usados para localidades en grupo y examinar localidades similares. Concluyen que las variedades deberían ser probadas más de un año pero también mencionan que las pruebas de más de tres años parecen ser de poco valor especialmente cuando aumentaba el número de localidades.

Sprage (1977), señala que si el comportamiento relativo de los híbridos estuviera poco influenciado por el ambiente, entonces las pruebas llevadas a cabo en un simple ambiente serían suficientes para proveer una adecuada información para una clasificación confiable de los híbridos. La experiencia indica que las interacciones genotipo-ambiente son usualmente de significancia, no solamente para los híbridos, sino también para familias de poblaciones mejoradas y estas interacciones son causadas por diversos facto-

res; indica además que el mejoramiento poblacional parece ofrecer la metodología para el desarrollo de híbridos con gran estabilidad. Si el mejoramiento de poblaciones mejoradas puede ser desarrollado con altos niveles de resistencia a enfermedades e insectos y con un alto grado de tolerancia a temperaturas desfavorables y tensiones de humedad, los híbridos que involucran líneas de estas poblaciones mejoradas deberían interactuar menos con el ambiente que los híbridos comunes.

Simmonds (1979), menciona que las interacciones genotipo-ambiente ocurren cuando dos o más genotipos son comparados en diferentes ambientes y se encuentran diferencias en sus respuestas. La existencia de tales interacciones es mostrada por su significancia en un análisis de varianza, por ejemplo: sitio-variedad, años-variedad o años-sitios-variedades, de tal manera que se necesitan ensayos formales para la detección de estas interacciones. Los genotipos difieren en sus capacidades para la homeostasis y parece ser que la heterocigocidad es uno de los rasgos que comúnmente la promueve.

Parámetros de Estabilidad.

Finlay y Wilkinson (1963), evaluaron un grupo aleatorio de 277 variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) de la colección mundial en el Sur de Australia. Se calculó una regresión lineal del rendimiento medio de cada variedad sobre la media de rendimiento de todas las variedades para cada sitio con el fin de tener una medida de adaptación de la variedad. Los rendimientos fueron transformados a una escala logarítmica, induciéndose de esta manera, un alto grado de linealidad. La media de todas las variedades para cada sitio proporcionó una clasificación cuantitativa de los experimentos pudiéndose identificar con este análisis variedades específicamente adaptadas a sitios buenos o a sitios muy pobres así como variedades con amplio rango de adaptación. Estos autores también discuten la estabilidad fenotípica y las características morfológicas y fisiológicas de los grupos de variedades que tuvieron tanto adaptación específica como general en lo que se refiere a introducción y mejoramiento de plantas.

Rowe y Andrew (1964), evaluaron la estabilidad fenotípica de una serie sistemática de genotipos de maíz encontrando que la estabilidad, como medida de las componentes de varianza ambiental, no estuvo asociado con el nivel de heterocigocidad para número de días a floración femenina y número de hileras de granos, pero dicha estabilidad decre

cía con el incremento de heterocigocidad para altura de planta, altura de mazorca y rendimiento. La división de los componentes de varianza ambiental por localidad indicó que la asociación de altos componentes de varianza ambiental con el incremento en la heterocigocidad fué principalmente debido a los tratamientos de riego. Los grupos más vigorosos fueron drásticamente reducidos por la falta de riego siendo los más beneficiados cuando éste se aplicó. Cuando los ambientes difirieron solamente en la fecha de siembra, los componentes ambientales fueron casi iguales para todos los grupos. Estos resultados sugieren que las diferencias en estabilidad entre grupos genotípicos estuvo asociada con las diferencias en capacidad para explotar los ambientes favorables. Los grupos heterocigóticos más vigorosos fueron capaces de un alto comportamiento bajo condiciones favorables y fueron reducidos en su comportamiento en forma desproporcional cuando se les sometió a ambientes desfavorables. Un análisis de regresión mostró que los grupos segregantes fueron más estables en su comportamiento - que las líneas o los grupos F1, puesto que sus medias para cada ambiente se desviaban menos de la (línea de) regresión.

Eberhart y Russell (1966), propusieron un modelo que puede ser usado para describir el comportamiento de una variedad sobre una serie de ambientes. Dicho modelo es el

siguiente: $V_{ij} = M_i + B_i \bar{I}_j + \delta_{ij}$

El comportamiento de una variedad bajo el modelo anterior queda definido por los parámetros B_i y δ_{ij} . Estos mismos autores también indican que sería deseable un índice independiente obtenido de factores ambientales tales como lluvia, temperatura y fertilidad del suelo. Sin embargo, hasta que se puedan medir tales factores con el fin de formular relación matemática con rendimiento, deberá ser suficiente la media de rendimiento en un ambiente en particular. Señalan además que las variedades deben desarrollarse en un adecuado número de ambientes que cubrieran un amplio rango de condiciones ambientales si es que los parámetros de estabilidad han de proveer información útil.

Scott (1967), llevó a cabo un estudio para determinar si las líneas de maíz seleccionadas diferían para estabilidad en rendimiento cuando se desarrollaban en diferentes ambientes. Los resultados indicaron que la selección fué efectiva para la estabilidad en rendimiento, este mismo autor considera dos tipos de estabilidad en un híbrido: (a) La del híbrido que exhibe la menor variación en rendimiento sobre todos los ambientes probados. Considerando un rango completo de ambientes, tal híbrido debería ser resistente a la sequía (altos rendimientos en lugares donde hay bajos niveles de rendimiento) y tendría un potencial de rendimiento relativamente bajo; tampoco sería seleccionado

bajo condiciones de buenas precipitaciones o bajo riego, pero se comportaría satisfactoriamente en regiones con poca precipitación, y (b) la del híbrido que no cambia su comportamiento relativo con otras variedades probadas en muchos ambientes. Este híbrido rendiría cerca de su "cantidad esperada" en cada una de las localidades; podría tener rendimientos altos o bajos; para altos rendimientos sería seleccionado bajo condiciones favorables o medias, su valor de regresión sobre los índices ambientales sería aproximadamente de 1.0 analizado por el método propuesto por Finlay y Wilkinson (1963) y Eberhart y Russell (1966). Considera que ambos tipos de estabilidad son mutuamente excluyentes, o en otras palabras, si se selecciona para un tipo de estabilidad automáticamente se selecciona contra el otro tipo. Finalmente señala que cada fitomejorador debe decidir que tipo de estabilidad es más importante en su programa. Si el área es marginal o sea con niveles bajos de producción, el tipo de estabilidad definido en (a) probablemente sería el más importante. Bajo condiciones favorables de desarrollo de los cultivos, el tipo de estabilidad definido en (b) debería ser el más importante. Si el fitomejorador selecciona para el tipo de estabilidad (a), debería estar dispuesto a aceptar rendimientos relativamente bajos en condiciones favorables de crecimiento.

Johnson et al (1968), estudiaron el comportamiento de

variedades de trigo (Triticum aestivum L.), utilizando el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) y mencionan que podría llevarse a cabo un progreso sustancial en el desarrollo de variedades si se mejorara tanto la estabilidad del comportamiento como el rendimiento potencial en las Planicies Centrales y del Sur de los Estados Unidos.

Rasmusson (1968), estudió el comportamiento y la estabilidad en dos grupos de poblaciones de avena (Avena sativa L.). Cada grupo consistió en tres distintos niveles de diversidad genética: variedades homogéneas, mezclas mecánicas simples y mezclas complejas (híbridos masivos). Ambos grupos se desarrollaron en dos localidades por un período de cinco años. Como grupo, las mezclas simples fueron ligeramente más rendidoras que las variedades o mezclas complejas. Encontró además que las variedades y mezclas simples fueron similares en estabilidad y ambas algo menos estables que las mezclas complejas.

Busch et al (1969), evaluaron ocho variedades de trigo (Triticum aestivum L.) para diferentes características aplicando el análisis de regresión con el fin de determinar la respuesta varietal en los diferentes ambientes. Estos autores proponen un "sistema standard", en el cual se utilizarían las variedades testigo para la evaluación de las características de calidad. Mencionan además que el

cambio de clasificación de las variedades a través de ambientes crea dificultades en la predicción de la calidad potencial de las nuevas líneas y que el conocimiento de la respuesta de los testigos permitiría una evaluación más precisa de las líneas y que podría ser usado para clasificar ambientes para el desarrollo de una variedad en particular.

Eberhart (1969), menciona que aunque las cruzas dobles y las triples tienden a ser más estables a causa de la flexibilidad de la población (que es debida a la mezcla de genotipos), ahora el fitomejorador puede contar con híbridos de crusa simple genéticamente estables. Las cruzas simples estables con altos rendimientos pueden ser desarrolladas con técnicas de selección apropiada incluyendo selección recurrente para rendimiento y prolificidad en las poblaciones progenitoras. La respuesta favorable a altas poblaciones e índices ambientales parecen estar correlacionadas positivamente con incrementos en rendimiento y al parecer están principalmente bajo control genético aditivo.

Eberhart y Russell (1969), compararon la estabilidad de híbridos de crusa simple y crusa doble en maíz, identificando dos cruzas simples tan estables como las cruzas dobles; mencionan que, aunque las cruzas simples difieren en su habilidad para responder a los ambientes más favorables,

el más importante parámetro de estabilidad parece ser el cuadrado medio de las desviaciones; sugieren que, puesto que todos los tipos de acción génica parecen estar involucrados en este parámetro de estabilidad, las cruzas simples potencialmente útiles deberían ser evaluadas sobre un amplio rango de condiciones ambientales con el fin de identificar cruzas simples estables y de alto rendimiento que pudieran liberarse comercialmente.

Kohel (1969), trabajando en líneas progenitoras de algodón (Gossypium hirsutum L.) y sus híbridos F1, no encontró una clara distinción entre la variabilidad de las líneas progenitoras y los híbridos, aún cuando las líneas progenitoras fueron menos variables para tres de los cinco caracteres medidos. Discute también el efecto de la autogamia en los mecanismos homeostáticos, en el cual sugiere que los organismos autógamos pueden estar en un estado de transición, pudiendo no tener desarrollado un mecanismo homeostático distintivo tal como el que se encuentra en los organismos alógamos.

Carballo y Márquez (1970), estimaron el rendimiento promedio de maíz para grano y los parámetros de estabilidad según el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966). Algunos de los resultados obtenidos indicaron:

- 1) Que la selección y recomendación de variedades para re-

giones específicas había sido efectiva;

- 2) La necesidad de poblaciones mejoradas, específicas para la zona de transición (entre El Bajío y los Valles Altos) y
- 3) No existió ninguna correlación entre las medias varietales y los parámetros \hat{B}_i y S_{di}^2 para los agrupamientos sembrados bajo riego.

Además discriminaron los híbridos y variedades en función de sus medias y parámetros de estabilidad clasificándolos bajo seis situaciones posibles e identificaron como deseables aquellas que tuvieran un rendimiento promedio alto, un coeficiente de regresión igual a uno y desviaciones de regresión iguales a cero.

Samuel et al (1970), aplicaron la técnica de regresión propuesta por Yates y Cochran (1938) a los datos de una serie de ensayos extensivos que involucraban zacate ryegrass (Lolium perenne) bajo diferentes ambientes en diversas localidades. El análisis reveló que el comportamiento relativo de las variedades dependió principalmente si las variedades se desarrollaron como plantas espaciadas o como pastos, señalando además que aunque la interacción genotipo-ambiente sea grande muchos de sus efectos podrían ser reducidos por una escala esencialmente lineal.

Betanzos (1970), usando el procedimiento de estima-

ción empleado por Bucio-Alanís 1966 y Bucio-Alanís y Hill (1966), hizo la extensión del modelo para v genotipos de maíz de polinización libre en nueve ambientes bajo condiciones de temporal durante 1965 y 1966 en una región que comprendía los Estados de Aguascalientes y Zacatecas, siendo posible estimar los efectos genético, ambiental y genético-ambiental. Este autor menciona que el método presenta la ventaja de que una vez que se ha determinado la adaptación de una variedad para una serie de ambientes, puede hacerse la predicción respecto a los valores fenotípicos que dicha variedad podría arrojar en un ambiente en particular, siempre y cuando dicho ambiente estuviera dentro del rango de ambientes explorados.

Reich y Atkins (1970), usaron el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) en cuatro grupos de poblaciones de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). Los grupos fueron: líneas progenitoras, híbridos F1, mezclas de líneas progenitoras y mezclas de híbridos, los cuales fueron evaluados en nueve ambientes durante dos años en Iowa. Los análisis de varianza usuales y los análisis para estimar los parámetros de estabilidad, fueron hechos para rendimiento en grano y diferentes componentes de rendimiento. Además de definir población estable como una con coeficiente de regresión igual a uno y desviaciones de regresión cercanas a cero, mencionan que fué un atributo esencial para cualquier

población un rendimiento promedio alto. Los parámetros para rendimiento en grano indicaron que las mezclas de híbridos fueron el tipo más estable y productivo de población aunque ninguna de las poblaciones fué claramente superior para todos los parámetros.

Knight (1970), aplicó el análisis de regresión propuesto por Finlay y Wilkinson (1963) con el fin de investigar las interacciones genotipo-ambiente y evaluar genotipos por su adaptación a un rango de ambientes. Entre sus conclusiones se pueden citar las siguientes:

- 1) Si la variación ambiental varía tanto arriba como abajo del óptimo, entonces se pueden yuxtaponer los términos superóptimo y subóptimo;
- 2) Los diferentes factores limitantes (por ejemplo: frío o sequía) causan bajos rendimientos en los genotipos, siendo los genotipos un tanto difíciles a ser distinguidos bajo estas condiciones, además de que las diferencias entre ellos no son fácilmente detectables por la regresión;
- 3) Quizá no haya rendimiento para algunos de estos genotipos si ciertos niveles (umbrales) son sobrepasados;
- 4) La combinación en un análisis de datos de diferentes períodos o fases de crecimiento, puede ser muy engañosa;
- 5) La interpretación del análisis puede ser grandemente afectada por la escala utilizada en el análisis, siendo

posible que dicha escala no sea la apropiada para todos los genotipos del ensayo.

Joppa et al (1971), utilizaron el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) en datos de rendimiento de un grupo de variedades de trigo (Triticum aestivum L. em Thell) y además definieron la interacción específica genotipo-ambiente como la que es debida a una causa específica, tal como la susceptibilidad a un patógeno. Mencionan también que la magnitud de las desviaciones de la regresión fué un excelente indicador de las interacciones específicas genotipo-ambiente. Indican además que el uso del análisis de regresión podría materialmente asistir al fitomejorador en la toma de decisiones en lo que se refiere a la liberación de variedades en la Región Norte-Centro de los Estados Unidos.

Jowet (1972), evaluó el comportamiento de cruzas simples, de tres líneas y líneas endocriadas de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) en el Este de Africa comparando las metodologías de Eberhart y Russell (1966), Finlay y Wilkinson (1963) y Wrickle (1960), menciona que el método de Wrickle, basado en un parámetro simple llamado ecovalencia, fué el menos informativo. La comparación de los coeficientes de regresión del rendimiento sobre los índices ambientales, muestra que los híbridos son más estables en

términos de este parámetro pero que no hubo diferencias entre las cruzas de tres líneas y las simples. En lo que se refiere a las desviaciones de regresión parece ser que las cruzas de tres líneas son más estables que las cruzas simples, siendo interpretado esto como debido a la flexibilidad poblacional. Sin embargo, una cruz simple demostró particularmente bajas desviaciones, indicando que esto podría ser una característica heredable. Comparando los análisis tanto de escala logarítmica como de escala aritmética concluye que es preferible el uso de la escala logarítmica si las variedades difieren marcadamente en rendimiento.

Márquez (1973), representa gráficamente modelos fenotípicos con y sin interacción V_{ij} genotipo-ambiente. Menciona que para una variedad que es sembrada en distintos ambientes el modelo sin interacción del modelo de regresión es representado por una línea de regresión de los valores fenotípicos sobre los índices ambientales, con pendiente igual a uno y sin desviaciones de regresión. En el modelo con interacción ninguna de estas condiciones es cumplida. El término de interacción V_{ij} es la desviación de los valores fenotípicos reales de la línea de regresión con pendiente igual a uno y δ_{ij} es la desviación de los valores fenotípicos de la línea de regresión ajustada con pendiente diferente de uno. Define variedad estable como a-

quella que no tiene interacción con el ambiente.

Márquez (1974), menciona que en forma general tres son los aspectos en que la componente interacción interviene en genotecnia vegetal.

- 1) Selección dentro de una población heterogénea.
- 2) Proceso de selección de una población segregante, durante el avance generacional.
- 3) Prueba del germoplasma seleccionado para su recomendación final.

Consigna además que los logros en el fitomejoramiento son altamente espectaculares en las primeras etapas de la investigación y que gradualmente van decreciendo, es decir, cada vez es más difícil sobrepasar las ganancias logradas en el, o en los ciclos anteriores. Es en este momento, o mucho mejor, desde antes, se deben hacer reflexiones serias sobre los agentes que causan tal decremento. También menciona que el papel que juega la interacción genotipo-ambiente durante la selección, puede ser un factor de importancia que al ser contrarrestado ayude a sobrepasar los topes de rendimiento que se puedan comenzar a presentar en cualquier momento.

Moll y Stuber (1974), señalan que muchos de los análisis de regresión usados para medir la estabilidad genotípica no satisfacen enteramente los rigurosos requerimientos

estadísticos. Aún así, las regresiones calculadas han demostrado ser útiles en la predicción de parámetros de estabilidad y deberían ser particularmente significativos en los trabajos prácticos de mejoramiento. Mencionan también que una de las objeciones estadísticas básicas de muchos de estos escritos, entre los que se encuentran los trabajos propuestos por Eberhart y Russell (1966), Finlay y Wilkinson (1963) y Yates y Cochran (1938), es la elección impropia de las sumas de cuadrados y los grados de libertad indicando el ejemplo de un autor, Baker (1969), el cual dividió la suma de cuadrados genotipo-ambiente con $(g-1) - (e-1)$ grados de libertad, en una división separada asociada con cada genotipo. El total de grados de libertad para esta división es $g(e-1)$, siendo esto estadísticamente inválido, ya que cualquier suma de cuadrados tiene un número único de grados de libertad, independientemente de la división del esquema usado. Otra objeción básica para muchos de estos análisis de regresión es la elección de la medida de los efectos ambientales sobre los que la regresión es hecha. Algunos tipos de mediciones de efectos ambientales independientes del organismo experimental deberían ser altamente descabales. Sería aún mejor si los valores ambientales pudieran ser medidos sin error. Parece ser que estos requerimientos no pueden ser encontrados y la mejor medida de los efectos ambientales combinados probablemente la dé el mismo organismo.

Busch et al (1976), utilizaron el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) para evaluar 28 poblaciones resultantes de las cruzas entre ocho padres de alto rendimiento de trigo rojo duro de primavera (Triticum aestivum L. em Thell) como F_1 en un ambiente, poblaciones masivas F_2 en seis ambientes y poblaciones masivas F_3 en cinco ambientes. El rendimiento promedio de los masivos F_2 y F_3 fué similar al comportamiento de los padres a través de ambientes. Ni los masivos F_2 ni los masivos F_3 exhibieron un comportamiento superior en rendimiento en los ambientes de tensión cuando fueron comparados con sus padres. El análisis de regresión para conocer la respuesta a los ambientes en lo que se refiere a rendimiento indicó que los masivos tuvieron el mismo rango de valores "b" que los padres. El promedio de las desviaciones para regresión fué menor para los masivos que para los padres aunque no difirieron significativamente. Finalmente concluyen que sus resultados indican que los masivos y líneas puras, en general, tiene similar comportamiento y estabilidad sobre los ambientes.

Bilbro y Ray (1976), estudiaron la estabilidad, adaptación y rendimiento de distintas variedades de algodón (Gossypium hirsutum L.) que se cultivaron en diferentes localidades por un período de tres años. Utilizaron los coeficientes de regresión (b_i) como medida de adaptabilidad y

el coeficiente de determinación (r^2) como medida de estabilidad. Estos autores usaron como índice ambiental el rendimiento promedio de fibra de un grupo de variedades "standard" comunes en todas las pruebas.

Chávez (1977), empleó la técnica propuesta por Eberhart y Russell (1966), estudió la respuesta de un grupo de genotipos de avena (Avena sativa L.) con respecto a varios ambientes relacionados con las áreas de cultivo a fin de conocer su comportamiento desde el punto de vista adaptabilidad y sensibilidad a los cambios ambientales. De este estudio se pueden mencionar las conclusiones siguientes:

- 1) La selección de los materiales bajo estudio fué efectiva para incrementar la media de rendimiento pero no para mejorar la estabilidad en función de las desviaciones de regresión, mencionando que si se quiere mejorar para estabilidad el criterio de selección debe incluir la estimación de este parámetro;
- 2) La correlación alta entre la media de rendimiento y la respuesta a los cambios ambientales puede reducirse por un muestreo aleatorio de los ambientes en el área de cultivo de la avena llegando al extremo de minimizar completamente esta asociación cuando los ambientes son agrupados por efectos de interacción genotipo-ambiente y
- 3) La disponibilidad de agua no es un factor muy importante en la manifestación de la interacción genotipo-am

biente y existen otros factores que tienen efecto en esta interacción tales como: temperatura, suelo, fotoperíodo y otras que son consideradas de poca importancia.

Gómez (1977), aplicó el análisis propuesto por Eberhart y Russell (1966) a un grupo de sorgos (Sorghum vulgare L.) experimentales los cuales fueron establecidos en muy diversas y contrastantes condiciones ambientales, pudiéndose mencionar lo siguiente:

- 1) La metodología utilizada fué efectiva en caracterizar variedades por estabilidad en rendimiento;
- 2) En un solo año de evaluación que comprenda dos ciclos de siembra, es posible seleccionar materiales por estabilidad, ya que la interacción variedad-año parece ser de menor importancia que la variedad-localidad en el cultivo del sorgo;
- 3) El método de selección por estabilidad resulta más eficiente y económico que el procedimiento de selección basado en el comportamiento promedio obtenido en una localidad a través de varios años y que considera la ubicación de materiales en otros ambientes de prueba. Sugiere, sin embargo, discriminar posteriormente los materiales seleccionados por estabilidad en base a las mejores características agronómicas.

MATERIALES Y METODOS

Morales et al (1980) y Leal de la Luz (1977), hacen una descripción de la región de estudio, la cual se presenta a continuación.

Descripción de la Región de Estudio

Localización Geográfica.- Para fines de situación geográfica, el área de influencia del CAERIB se encuentra ubicada dentro de las siguientes coordenadas: 26°30' y 24°40' de latitud norte; y 97°10' y 99°10' de latitud oeste (ver figura 1 del apéndice). A nivel nacional dicha área se localiza en el extremo noreste de la República Mexicana, limitando al Norte con los E. U. A., delimitado por el río Bravo, al Sur con el río San Fernando, al Oriente con el Golfo de México y al Poniente con el Estado de Nuevo León.

El área de estudio comprende la superficie beneficiada por los distritos de Riego Bajo Río Bravo (No. 25) y Bajo Río San Juan (No. 26).

El distrito de Riego No. 25 cuenta con una superficie total de 263,966 hectáreas y una superficie de riego de 234,557 hectáreas; los municipios beneficiados por este distrito son: Matamoros, Valle Hermoso, Río Bravo y parte de Reynosa.

El distrito de Riego No. 26 está constituido por las tierras que se benefician con las aguas de la presa "Marte R. Gómez" de absoluta jurisdicción mexicana. Este distrito

con una superficie total de 101,100 hectáreas y una superficie de riego de 81,730 hectáreas; los municipios beneficiados por este distrito son: Mier, Miguel Alemán, Camargo, Díaz Ordaz y parte de Reynosa.

El área de riego que integran los dos distritos es de aproximadamente poco más de 300,000 hectáreas, formando así una de las unidades agrícolas más grandes de la República Mexicana.

Clima.- Según la clasificación de C. W. Thornthwaite, el clima de la región es semiseco, sin estación bien definida, semicálido con invierno benigno.

Los valores de las temperaturas medias y máximas en grados centígrados son como sigue:

Media Anual	23°C
Máxima Media Anual	27°C
Mínima Media Anual	18°C
Máxima Absoluta	42°C
Mínima Absoluta	11°C

Las temperaturas mínimas absolutas en la región ocurren en los meses de diciembre, enero y febrero, en los cuales son frecuentes las heladas.

En cuanto a la precipitación, las isoyetas de la región varían desde 450 mm hasta 700 mm, correspondiendo la menor precipitación a las zonas que se alejan del Golfo de México hacia el Poniente. La distribución de las lluvias es irregular ya que durante seis meses del año las lluvias

mensuales no llegan a 50 mm y la mayor precipitación ocurre principalmente durante los meses de mayo a octubre.

La región se encuentra dentro de la trayectoria de los ciclones tropicales y ocasionalmente sufre las consecuencias de estas perturbaciones. Los vientos que predominan son los del Sureste; la evaporación es un fenómeno importante en la región registrándose una media anual de 1950 mm y aumentando conforme se aleja del mar.

Suelos.- Por su origen, los suelos de la región quedan definidos como suelos secundarios formados por aluviones de muy reciente deposición, cuyo material madre ha sido de tres clases: Pizarra, que ha originado la formación de suelos fuertemente arcillosos que contienen gran proporción de arcilla; Arena, arena media y fina depositada por el mar que ha dado lugar a suelos más ligeros y por último materiales calcáreos. Los suelos predominantes en la región son los de textura arcillosa, cubriendo aproximadamente un 77% en los distritos de riego.

La altitud de los terrenos agrícolas varían desde 5 a 60 m sobre el nivel del mar y su topografía y pendiente natural son sensiblemente planas (40-60 cm/km), lo que dificulta el drenaje eficiente. Los mantos freáticos, a partir del establecimiento de los sistemas de riego, se han hecho superficiales contribuyendo al ensalitramiento de los suelos y al encharcamiento de las aguas de lluvia cuando éstas son abundantes, dando lugar a la disminución de rendimien-

tos y en ocasiones a la pérdida total de la cosecha.

Ubicación De Las Localidades de Prueba

Mediante el establecimiento de seis ensayos uniformes se ha pretendido cubrir la variabilidad ambiental de los distritos de riego; en la figura 2 del apéndice se presenta el plano de los distritos de riego, en el cual se indica la ubicación de cada sitio experimental. En el cuadro 1 se presenta una breve descripción de las localidades de prueba, que incluye el número del experimento, el nombre del agricultor cooperante propietario del lote en el cual se colocó el ensayo, el municipio y la fecha de siembra.

CUADRO 1. Nombre del agricultor cooperante, municipio y fecha de siembra para cada uno de los experimentos.

Exp.	Nombre del agricultor cooperante	Municipio	Fecha de siembra
1	Emilio Olivares González.	Díaz Ordaz	19/02/79
2	CAERIB*	Río Bravo	20/02/79
3	Eutimio Longoria Sáenz.	Díaz Ordaz	28/02/79
4	Pedro Gutiérrez de la Garza.	Valle Hermoso	01/03/79
5	Crescencio Flores Guajardo.	Matamoros	03/03/79
6	Marcelo Vázquez González.	Camargo	05/03/79

(*) Campo Agrícola Experimental de Río Bravo.

En el presente estudio la totalidad de los experimentos se sembró en el ciclo denominado Otoño-Invierno, el cual comprende todas las siembras efectuadas entre el 1° de octubre y el 31 de marzo del año siguiente; el ciclo de Otoño-

Invierno se denomina también "temprano" o ciclo A; en lo su cesivo para denominar las siembras del ciclo Otoño-Invierno, únicamente se escribirá el año y la letra A que identifica al ciclo, de manera que los experimentos quedaron en el año 1979 A. Para siembras efectuadas entre el 1° de abril y el 30 de septiembre corresponde el ciclo Primavera-Verano llamado también ciclo tardío o ciclo B. Todos los ensayos, a excepción de la localidad de CAERIB, fueron sembrados en tierra húmeda (con un riego de asiento). La localidad de CAERIB se sembró en seco para posteriormente regar. El resto de las labores fueron hechas en la mayoría de los casos por los agricultores de acuerdo a su costumbre.

Variedades

Los materiales utilizados en el presente estudio son híbridos experimentales sobresalientes de tres líneas e híbridos comerciales tanto mexicanos como extranjeros los cuales serán tomados como testigos.

El total de los materiales se identificaron de acuerdo con la siguiente lista:

- 1.- (T₁₃ X T₁₅) X MRBV9-BD-31-737A
- 2.- (T₂₄ X T₂₇) X " " " "
- 3.- (T₁₉ X T₂₀) X " " " "
- 4.- (T₁₃ X T₁₅) X MRBV6-BD-28-1047CH
- 5.- (T₂₄ X T₂₇) X " " " "
- 6.- (T₁₉ X T₂₀) X " " " "

- 7.- (T₁₃ X T₁₅) X MRBV1-DI-11-1091CH
- 8.- (T₂₄ X T₂₇) X " " " "
- 9.- (T₁₉ X T₂₀) X " " " "
- 10.- Pioneer 511A (Tb)*
- 11.- (T₁₉ X T₂₀) X MRBV4-BD-31-502CH
- 12.- (T₁₃ X T₁₅) X MRBV9-BD-78-741A
- 13.- (T₂₄ X T₂₇) X " " " "
- 14.- (T₁₉ X T₂₀) X " " " "
- 15.- H-417 (Tb)
- 16.- H-418 (Tb)
- 17.- H-412 (Tb)
- 18.- H-509 E (Tb)
- 19.- Asgrow RX-125W (Tb)
- 20.- Asgrow 305W (Tb)
- 21.- Pioneer 3147 (Ta)**
- 22.- Pioneer 515 (Tb)
- 23.- Master 400 (Tb)
- 24.- Funk's G-4880W (Tb)

En el presente estudio se utilizó el término "Variedad" en un sentido muy amplio para designar cualquier híbrido experimental o comercial.

Diseño Estadístico de los Experimentos

Los materiales ya indicados se establecieron en seis

(*) Testigo blanco.

(**) Testigo amarillo.

localidades. El diseño utilizado para cada experimento fué el de bloques al azar con tres repeticiones. La densidad utilizada fué la recomendada en la región (45,000 p/ha). Las parcelas constaron de cuatro surcos de 6.31 metros de largo. Se cosecharon sólo los dos surcos centrales, (lo que fué parcela útil). El rendimiento se ajustó a Toneladas/hectárea con un 12% de humedad. Posteriormente cada ensayo se ajustó por covarianza (siendo la covariable No. de plantas/hectárea). Los datos que se tomaron además de rendimiento fueron los siguientes: días a floración, altura de planta y mazorca y % de acame.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico consta de dos partes: Un análisis de varianza individual y combinado y otro análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad.

El análisis de varianza individual fué usado para determinar las diferencias entre las variedades en la localidad considerada, utilizándose en todas las localidades un diseño en bloques al azar con tres repeticiones. El análisis de varianza combinado fué hecho a partir del análisis individual utilizando el modelo propuesto por Cochran y Cox (1965), el cual es presentado a continuación:

$$Y_{ij} = M + P_i + T_j + (PT)_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

donde:

V_{ij} = La media observada para el j -ésimo tratamiento del i -ésimo lugar.

M = Media general.

P_i = Efecto del lugar.

T_j = Efecto de tratamiento.

$(PT)_{ij}$ = La interacción de tratamiento con lugar.

$\bar{\epsilon}_{ij}$ = El error experimental.

Las suposiciones del modelo son: Ambientes aleatorios, seleccionados como una muestra de lugares donde el maíz es cultivado comercialmente y variedades fijas. Bajo estas su posiciones se obtiene el análisis de varianza del cuadro 2.

Se aplicó la prueba de Bartlett al grupo de varianzas para ver si los errores variaban significativamente de lugar a lugar. Debido a que el grupo de varianza resultó heterogéneo, se hizo la prueba de significación para la interacción, por el método del análisis de varianza ponderado descrito por Pansé y Sukhatme (1963), y Cochran y Cox (1965) entre otros.

En cuanto al análisis de varianza ponderado se consideró presentar los resultados al mismo tiempo que se desarrollaba el análisis estadístico con el fin de que se tenga una secuencia clara de los pasos que involucra dicho análisis.

Cuadro 2. Análisis de varianza conjunto y cuadrados medios esperados para un modelo con ambientes al azar y variedades fijas. (Cochran y Cox, 1965)

FUENTE DE VARIACION	G. L.	SUMAS DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	ESPERANZA DEL CUADRADO MEDIO
Tratamientos.	t-1	SC Trat.	T	$\sigma_e^2 + r\sigma_{tp}^2 + \frac{rp}{(t-1)} \sum (t_j - \bar{t})^2$
Trat. X lugares.	(p-1)(t-1)	SC Trat. X Lug.	I	$\sigma_e^2 + r\sigma_{tp}^2$
Error conjunto.	p(r-1)(t-1)	SC Error.	E	σ_e^2

Para estimar los parámetros de estabilidad se aplicó a los rendimientos medios de cada variedad en cada ambiente, el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), el cual se describe a continuación:

$$y_{ij} = M_i + B_i I_j + \delta_{ij}$$

donde:

y_{ij} = Media de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente ($i = 1, 2, \dots, V$; $j = 1, 2, \dots, n$).

M_i = Media de la i -ésima variedad sobre todos los medios ambientes.

B_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad a través de ambientes.

I_j = Índice ambiental obtenido como la diferencia entre la media de todas las variedades en j -ésimo ambiente y la media general, de tal manera que:

$$I_j = \sum_{i=1}^v y_{ij}/v - \sum_{i=1}^v \frac{1}{\sum_{j=1}^n y_{ij}/v_1}$$

$$\sum_{j=1}^n I_j = 0$$

δ_{ij} = Desviación de la línea de regresión, de la i -ésima variedad, en el j -ésimo ambiente.

Los parámetros de estabilidad B_i y S_{di}^2 se calculan

de la siguiente manera:

a) El coeficiente de regresión estimado por:

$$\hat{B} = \frac{\sum_{j=1}^1 v_{ij} I_j}{\sum_{j=1}^1 I_j^2}$$

b) Los cuadrados de las desviaciones de la regresión se estiman como:

$$S_{dij}^2 = \sum_{j=1}^1 \delta_{ij}^2 / n-2 - S_e^2 / r$$

en la que:

$$\sum_{j=1}^1 \delta_{ij}^2 = \sum_{j=1}^1 v_{ij} - v_{i.}/n - \left(\sum_{j=1}^1 v_{ij} \right)^2 / \sum_{j=1}^1 I_j^2$$

S_e^2/r = Es el estimador del error conjunto; S_e^2 es el promedio ponderado de los errores de todos los experimentos involucrados en cada análisis de varianza que interviene en la estimación de los parámetros de estabilidad y r es el promedio del número de repeticiones.

Estimados los parámetros de estabilidad, se aplica el análisis de varianza del cuadro 3.

La significancia de las diferencias entre medias varietales, o sea la hipótesis nula:

$$H_0 : M_1 = M_2 = \dots = M_V$$

puede probarse con aproximación, mediante la prueba de F.

$$F = CM_1 / CM_3$$

Para la significación en las comparaciones de las medias varietales hechas en el presente estudio, se utilizó la prueba de rango múltiple propuesta por Tukey, a un nivel de probabilidad de error de 0.01.

La hipótesis de que no hay diferencias genéticas entre variedades, para su regresión sobre los índices ambientales:

$$H_0 : B_1 = B_2 = \dots = B_v$$

igualmente puede probarse con aproximación mediante la prueba de F.

$$F = CM_2 / CM_3$$

Para probar la hipótesis de que cualquier coeficiente de regresión no difiere de la unidad, también puede hacerse mediante una prueba apropiada de t, tal como se hizo en este trabajo.

Una prueba aproximada de las desviaciones de regresión para cada variedad puede obtenerse como:

$$F = \sum_{j=1}^1 \delta_{ij}^2 / (n - 2) / \text{error conjunto}$$

Las pruebas aproximadas ya que no se utilizará un índice ambiental independiente.

Para el presente estudio se seleccionaron híbridos estables cuyos parámetros \hat{B}_i y S_{di}^2 tuvieran un valor de 1.0 y 0.0 respectivamente así como también una media alta de rendimiento.

F.V.	G.L	SC	CM
Total	$nv-1$	$\sum_{i,j} \Sigma Y_{ij}^2 - Fc$	
Variedades (V)	$v-1$	$1/n \sum_i Y_i^2 - Fc$	CM_1
Medios Ambientes (E)	$n-1$		
	$v(n-1)$	$\sum_{ij} Y_{ij}^2 - \sum_i Y_i^2/n$	
E x V	$(v-1)(n-1)$		
Medios Ambientes (Lineal)	1	$1/v(\sum_{ij} Y_{ij} I_j)^2 / \sum_{ij} I_j^2$	
V x E (Lineal)	$v-1$	$\sum_i (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 - SC \text{ medio ambiente (Lineal)}$	CM_2
Desviación Conjunta	$v(n-2)$	$\sum_{ij} \Sigma \delta_{ij}^2$	CM_3
Variedad 1	$n-2$	$\sum_j Y_{1j}^2 - \frac{(Y_1)^2}{n} - \dots - \frac{(\sum_j Y_{1j} I_j)^2}{\sum_j I_j^2}$	
Variedad 2	$n-2$	\vdots	
Variedad v	$n-2$	$\sum_j Y_{vj}^2 - \frac{(Y_v)^2}{n} - \dots - \frac{(\sum_j Y_{vj} I_j)^2}{\sum_j I_j^2}$	
Error Conjunto	$n(r-1)(v-1)$		CM_4

RESULTADOS

Interacción Genotipo-Ambiente

En el cuadro 4 se presenta el análisis de varianza conjunto para los 24 híbridos de maíz evaluados en seis localidades:

Cuadro 4. Análisis de varianza conjunto para 24 híbridos de maíz evaluados en seis ambientes. 1979 A.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALC.
Lugares.	5	202.676	40.535	
Variedades.	23	11.554	0.502 T	4.01**
Variedades x lugares.	115	14.407	0.125 I	0.51
Error conjunto	270		0.243 E	

(**) Significativo al 1%.

Puede probarse la hipótesis de que no hay diferencia entre variedades, esto es, $H_0: T_j = 0$, contra la hipótesis de que sí hay diferencia entre variedades, $H_a: T_j \neq 0$, por medio de la relación T/I , de la misma forma que la hipótesis de que no hay interacción, $H_0: I = 0$, contra la hipótesis de que sí hay interacción, $H_a: I \neq 0$, por medio del cociente I/E ; de esta manera la F calculada para variedades es altamente significativa mientras que para interacción la F calculada es no significativa y las conclusiones podrían ser: a) Hay diferencias entre variedades y b) No hay efec-

to de lugar en las variedades (interacción no significativa). Sin embargo puede haber dos problemas como lo mencionan Kempthorne (1952); Pansé y Sukhatme (1963); Cochran y Cox (1965).

1) σ_e^2 Puede no ser constante.

2) σ_I^2 Depende de la combinación de tratamientos y lugares.

La variación en σ_e^2 invalida la prueba F del cuadrado medio de las interacciones con relación al cuadrado medio del error conjunto (Cochran y Cox, 1965). Entonces la etapa que sigue es aplicar la prueba de homogeneidad de varianzas por medio de la prueba de Bartlett (Pansé y Sukhatme, 1963). Entonces considérese el grupo de los seis ensayos efectuados en seis localidades. (Cuadro 5).

El rendimiento medio por localidad, así como el cuadrado medio del error basado en 45* grados de libertad, se dan en el cuadro 6.

Al comparar la X^2 corregida para cinco grados de libertad con el valor de X^2 en las tablas, el cual es de 15,086, puede notarse que es altamente significativo, demostrándose así la heterogeneidad de los errores.

Con las varianzas del error heterogéneas, el procedimiento que debe seguirse para la prueba de diferencia de variedades depende de la presencia o ausencia de interacción

(*) El modelo fué ajustado por covarianza por lo cual se tomaron 45 grados de libertad para el error.

CUADRO 5. Cálculos de la Prueba de Bartlett para la Homogeneidad de Varianza. (Rendimiento).

Experimento	s_i^2	$\text{Log. } s_i^2$
1	0.154278220	-0.8116953805
2	0.131195596	-0.8820807432
3	0.204869122	-0.6885234938
4	0.157607348	-0.8024235386
5	0.536174592	-0.2706937700
6	0.274660963	-0.5612030616
Totales	1.458785841	-4.0166199877
	$\bar{s}^2 = 0.243130973$	$\text{Log. } \bar{s}^2 = -0.61415971$

Quando hay a estimaciones s_i^2 , y cada una con el mismo número de grados de libertad f , el criterio de prueba es

$$M = 2.3026 f (a \text{ Log. } \bar{s}^2 - S^* \text{ Log. } s_i^2)$$

$$(\bar{s}^2 = S^* s_i^2 / a)$$

$$(*) S = \sum_{i=1}^a$$

En el presente caso:

$$a = 6$$

$$f = 45$$

Sustituyendo se tiene:

$$\left. \begin{aligned} M &= (2.3026)(45) \left\{ 6 (-0.61415971) - (-4.01661998) \right\} \\ M &= 34.36579244 \end{aligned} \right\}$$

El factor de corrección C :

$$C = 1 + \frac{a + 1}{3af} = 1 + \frac{6 + 1}{3 \times 6 \times 45} = 1.008641975$$

$$\chi^2 \text{ corregida} = \frac{M}{C}$$

$$\chi^2 \text{ corregida} = \frac{34.36579244}{1.008641975} = 34.07134870 \text{ con 5 gl.}$$

CUADRO 6. Cálculos para el Análisis de Varianza Londerado

Nº de Variedad.	I	II	III	IV	V	VI	Sº V j	\bar{X}	Sº $\omega_i T_i$
1	6.971	7.361	4.177	4.140	5.951	4.687	33.587	5.598	532.693148
2	6.363	6.760	4.403	3.859	4.305	3.387	29.097	4.850	477.678978
3	6.527	6.315	4.103	3.964	4.412	3.430	28.751	4.792	468.978148
4	6.950	7.181	4.161	4.151	4.337	3.637	30.417	5.070	503.254425
5	6.647	6.844	4.454	3.902	4.958	3.763	30.568	5.095	494.057744
6	6.060	6.084	4.641	3.565	4.263	3.164	27.777	4.630	451.159074
7	5.941	6.451	4.506	3.877	4.748	3.430	28.953	4.826	466.818437
8	6.362	6.612	4.238	4.232	5.515	3.933	30.892	5.149	491.303986
9	6.272	6.651	4.413	3.786	4.896	3.901	29.919	4.987	480.705232
10	7.309	7.164	3.851	3.758	5.224	3.036	30.342	5.057	496.225126
11	6.481	6.465	4.673	4.199	4.920	3.235	29.973	4.996	485.045165
12	6.841	6.807	4.797	5.005	5.361	4.187	32.998	5.500	529.887504
13	6.916	6.790	4.806	4.867	4.394	4.487	32.260	5.377	526.327743
14	6.630	6.663	4.689	4.482	5.260	3.513	31.237	5.206	503.029422
15	6.666	6.273	5.209	4.193	4.936	3.857	31.134	5.189	498.867590
16	6.492	6.723	4.576	4.229	3.850	3.792	29.662	4.944	490.405716
17	6.358	6.148	4.112	4.002	4.688	4.074	29.382	4.897	471.306140
18	6.069	6.317	4.300	3.640	4.507	3.302	28.135	4.689	455.969236
19	6.141	6.343	4.128	3.203	4.663	2.857	27.335	4.556	443.139639
20	6.632	6.956	3.799	2.901	4.528	3.022	27.828	4.638	457.037479
21	7.091	6.792	4.506	3.819	5.277	4.128	31.613	5.269	506.453718
22	6.586	6.584	4.873	3.928	4.841	3.853	30.665	5.111	493.884351
23	6.616	5.434	3.699	3.494	3.952	3.551	26.746	4.458	434.449486
24	6.984	6.713	3.897	3.399	5.237	3.170	29.400	4.900	474.969296
<hr/>									
Total									
Pi	157.925	158.431	105.301	94.595	115.023	87.396	718.671		
C.M.E.**	.1543	.1312	.2049	.1576	.5362	.2747			
Wi	19.443	22.866	14.641	19.036	5.595	10.921			
<hr/>									
Si	1042.008	1049.651	465.246	377.947	557.169	323.338			G = 11633.64678
<hr/>									

$$(*) S = \sum_{i=1}^n$$

(**) Cuadrado Medio del Error.

de variedades x lugares. (Pansé y Sukhatme, 1963; Cochran y Cox, 1965). Por lo tanto la siguiente etapa consiste en hacer una prueba de significación, para la interacción, por el método del análisis de varianza ponderado. Es esencial para el éxito de este procedimiento que los cuadrados medios del error usados para los cálculos de las ponderaciones sean buenas estimaciones de las correspondientes varianzas del error. Cuando ellos están basados en 15 grados de libertad o más, pueden considerarse satisfactorios desde este punto de vista (Pansé y Sukhatme, 1963). En el presente trabajo el número de grados de libertad para los cuadrados medios del error es de 45, lo cual podría sugerir que la prueba se podría hacer con toda confianza. De este modo se calcula primero la ponderación: $\omega_i = r/S_i^2$ para cada experimento, donde r = número de repeticiones y S_i^2 el correspondiente cuadrado medio del error. Usando estas ponderaciones, se calcula para cada lugar las cantidades $\omega_i P_i$, en las cuales las P_i son los totales de lugares, y para cada variedad las cantidades $\omega_i T_i$, en las cuales T_i son las medias para cada variedad en cada lugar. El cuadro 6 muestra estas cantidades junto con los rendimientos medios en Ton/Ha.

Los términos del análisis de varianza fueron calculados como sigue:

$$\text{Suma de Cuadrados Total} = \sum \omega_i S_i - C$$

en donde:

$$C = \frac{G^2}{t \sum \omega_i}$$

G = Gran Total
(Cuadro 9)

t es el número de variedades (en el presente caso 24).

$$\text{Suma de Cuadrados para Lugares} = \frac{1}{t} \sum (W_i P_i^2) - C$$

$$\text{Suma de Cuadrados para Variedades} = \frac{\sum (\sum W_i T_i)^2}{\sum W_i} - C$$

La suma de cuadrados de Interacción I se calcula por sustracción. Así en el presente caso:

$$C = \frac{(11633.64678)^2}{24 (92.502)}$$

$$= 60963.428$$

$$\text{Suma de Cuadrados Totales} = \left\{ (19.443)(1042.008) + \dots + (10.921)(323.338) \right\} - C$$

$$= 64915.882 - 60963.428$$

$$= 3952.454$$

Suma de Cuadrados para lugares =

$$\frac{1}{24} \left\{ (19.443)(157.925)^2 + \dots + (10.921)(87.396)^2 \right\} - C$$

$$= 64540.852 - 60963.428$$

$$= 3577.424$$

Suma de Cuadrados para Variedades =

$$\frac{1}{92.502} \left\{ (532.693148)^2 + \dots + (474.969296)^2 \right\} - C$$

$$= 61133.021 - 60963.428$$

$$= 169.593$$

Suma de Cuadrados para Interacción =

$$3952.454 - 3577.424 - 169.593$$

$$= 205.437$$

Para calcular la significación de la interacción se transforma la Suma de Cuadrados para la Interacción (I) en una cantidad que se distribuya aproximadamente como χ^2 usando la fórmula (Pansé y Sukhatme, 1963):

$$\chi = \frac{(n - 4) (n - 2)}{n (n + t - 3)} \quad (I)$$

en donde n es el número de grados de libertad en los cuales está basado el cuadrado medio del error de cada experimento (en el presente caso $n = 45$). La χ^2 así obtenida se prueba con:

$$\frac{(p - 1) (t - 1) (n - 4)}{(n + t - 3)}$$

grados de libertad; p es el número de ensayos. En el presente caso se tiene:

$$\begin{aligned} \chi^2 &= \frac{(45 - 4) (45 - 2)}{45 (45 + 24 - 3)} \times 205.437 \\ &= \frac{1763}{2970} \times 205.437 \end{aligned}$$

$$= 121.948$$

con

$$= \frac{5 \times 23 \times 41}{66}$$

$$= 71.439 \text{ grados de libertad.}$$

Los valores de X^2 para $p = 0.01$ con 71 y 72 grados de libertad son 101.611 y 102.802, respectivamente. El valor observado de X^2 , y por lo tanto la interacción son altamente significativos. Si la interacción resulta significativa, la significación de las correspondientes diferencias de tratamientos puede probarse comparando los cuadrados medios para tratamientos y para interacción obtenidos de un análisis no ponderado (Pansé y Sukhatme, 1963).

De la misma forma que para rendimiento, se aplicó la prueba de Bartlett al grupo de varianzas para la característica días a floración, como puede apreciarse en el cuadro 7; de dicha prueba se concluyó que había heterogeneidad en las varianzas, por lo que para probar la significancia de la interacción con el lugar para esta característica, se procedió a hacer el análisis de varianza ponderado. El valor observado de X^2 y por tanto la interacción fueron significativos, lo cual sugiere que sí hay efecto de lugar para esta característica. En el apéndice se aprecia en forma más detallada el análisis de varianza ponderado para esta característica.

CUADRO 7. Cálculos de la Prueba de Bartlett para la homogeneidad de Varianza. (Días a floración).

Todas las Estimaciones tienen $f = 46$ g. l.

Experimento	S_i^2	$\text{Log. } S_i^2$
1	0.659	-0.1811145854
2	0.987	-0.0056828473
3	2.336	0.3684728384
4	1.611	0.2070955404
5	1.690	0.2278867046
6	2.329	0.3671694885
Totales	9.612	0.9838271392
	$\bar{s}^2 = 1.602$	$\text{Log. } \bar{s}^2 = 0.2046625117$

$$M = (2.3026)(46) \left\{ 6 (0.2046625117) - 0.9838271392 \right\}$$

$$M = 25.86005119, \text{ (g.l. = 5)}$$

$$C = 1 + \frac{a + 1}{3af} = \frac{b + 1}{(3)(6)(46)} = 1.008454106$$

$$X^2 = 25.86005119 / 1.008454106 = 25.64326034 **$$

g.l. = 5

Parámetros de Estabilidad

En el análisis de varianza que se presenta en el cuadro 8, puede apreciarse que existen diferencias altamente significativas tanto entre medias varietales como entre los coeficientes de regresión de las variedades sobre los índices ambientales. Los rendimientos medios en toneladas/hectárea y sus respectivos parámetros de estabilidad se presentan en el cuadro 9, en donde se indica también la significancia de $\hat{\beta}_i$ y S_{di}^2 para probar las hipótesis $\beta_i = 1.0$ y $S_{di}^2 = 0$, respectivamente. En este cuadro puede apreciarse también los datos de días a floración y porcentaje de plantas acamadas; estos datos son el promedio de las seis localidades.

Del cuadro 9 puede derivarse que los genotipos 1, 12, 13, 21, 14, 15, 8, 22, 5, 4, 10, 11, 9 y 16 son estadísticamente iguales en rendimiento y superiores significativamente al resto de los materiales; el genotipo 12 es estadísticamente igual en rendimiento a los genotipos 13, 21, 14, 15, 8, 22, 5, 4, 10, 11, 9, 16, 24, 17 y 2 y superior a los genotipos 7, 3, 18, 20, 6, 19 y 23; los genotipos 13, 21, 14, 15, 8, 22, 5, 4, 10, 11, 9, 16, 24, 17, 2, 7, 3 y 18 son estadísticamente iguales entre sí y superiores a los genotipos 20, 6, 19 y 23; los genotipos 21, 14, 15, 8, 22, 5, 4, 10, 11, 9, 16, 24, 17, 2, 7, 3, 18, 20 y 6 son estadísticamente iguales entre sí y superiores a los genotipos 19 y 23; los genotipos 14, 15, 8, 22, 5, 4, 10, 11, 9, 16, 24, 17, 2,

7, 3, 18, 20, 6 y 19 son estadísticamente iguales entre sí y superiores al genotipo 23 que ocupa el último lugar; finalmente, el genotipo 22 es estadísticamente igual en rendimiento a los genotipos 5, 4, 10, 11, 9, 16, 24, 17, 2, 7, 3, 18, 20, 6, 19 y 23.

Considerando los valores de los coeficientes de regresión y la significancia de sus diferencias con respecto a 1.0, pueden formarse dos grupos:

a) Los genotipos cuyos coeficientes de regresión son significativamente diferentes a 1.0 como el Pioneer 511A y el Asgrow 305W.

b) Los genotipos cuyos coeficientes de regresión son estadísticamente iguales a 1.0, que integran el resto de los materiales.

Respecto a la significancia de los cuadrados medios de las desviaciones de regresión, se forman dos grupos:

a) El primero será aquel donde las $S_{di}^2 \neq 0$, tales como el híbrido experimental 1, el híbrido experimental 13, el H-418 y el Master 400.

b) El segundo grupo será el que tenga las $S_{di}^2 = 0$, que comprenderá el resto de los materiales.

Considerando los parámetros de estabilidad se puede apreciar que todos los materiales, a excepción de los materiales 1, 13, 10, 16, 20 y 23 se ajustan al concepto de estabilidad propuesto por Eberhart y Russell (1966).

Siguiendo con el cuadro 9, también puede apreciarse el número de días a floración, promedio de seis localidades, para cada uno de los genotipos, en el cual puede destacarse que el genotipo más tardío fué el H-509E, con un promedio de 81 días a floración masculina, mientras que el más precoz fué el Asgrow 305W con un promedio en días a floración masculina de 68 días.

También se puede apreciar en el cuadro 9, el porcentaje de acame para cada uno de los genotipos, el cual es el promedio de seis localidades, observándose que el genotipo con mayor porcentaje de plantas acamadas fué el H-412 con un 26.56%, mientras que el Pioneer 3147 fué el que registró un menor porcentaje de plantas acamadas (5.15%).

Cuadro 3. Análisis de Varianza para estimar los parámetros de estabilidad de 24 híbridos de maíz, evaluados en seis ambientes. 1979 A.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F
Total	143	228.637		
Variedades (V)	23	11.554	0.502	5.071**
Medio Ambiente (M. A.)	5	217.083		
V x M. A.	115			
Ambiente (lineal)	1	202.680		
V x A (lineal)	23	4.937	0.215	2.172**
Desviación Conjunta	96	9.466	0.099	
Variedad 1	4	1.007	0.252	3.111*
" 2	4	0.227	0.057	0.704
" 3	4	0.119	0.030	0.370
" 4	4	0.460	0.115	1.420
" 5	4	0.037	0.009	0.111
" 6	4	0.411	0.103	1.272
" 7	4	0.220	0.055	0.679
" 8	4	0.477	0.119	1.469
" 9	4	0.154	0.039	0.481
" 10	4	0.403	0.101	1.247
" 11	4	0.347	0.087	1.074
" 12	4	0.223	0.056	0.691
" 13	4	0.911	0.228	2.815*
" 14	4	0.318	0.080	0.988
" 15	4	0.424	0.106	1.309
" 16	4	1.018	0.255	3.148*
" 17	4	0.199	0.050	0.617
" 18	4	0.072	0.018	0.222
" 19	4	0.272	0.068	0.840
" 20	4	0.217	0.054	0.667
" 21	4	0.704	0.176	2.173
" 22	4	0.153	0.038	0.469
" 23	4	0.997	0.249	3.074*
" 24	4	0.495	0.124	1.531
Error Conjunto	270		0.081	

(*) Significativo al nivel de 5% de probabilidad de error.

(**) Significativo al nivel de 1% de probabilidad de error.

CUADRO 9. Rendimiento Promedio, Parámetros de Estabilidad estimados y otras características agronómicas para 24 híbridos de maíz. 1979 A.

# DE GENOTIPO	GENOTIPO	RENDIMIENTO \bar{X}	TUKEY 0.01	$\hat{\beta}_i$	S_{di}^2	DIAS A FLOR	% DE ACAME
1	MHE ⁺	5.598	a	0.993	0.171*	72	20.69
12	MHE	5.500	ab	0.826	-0.025	72	12.90
13	MHE	5.377	a-c	0.829	0.147*	73	14.30
21	Pioneer 3147	5.269	a-d	1.050	0.096	72	5.15
14	MHE	5.206	a-e	0.942	-0.001	78	16.91
15	H-417	5.189	a-e	0.826	0.025	73	21.90
8	MHE	5.149	a-e	0.872	0.038	73	15.90
22	Pioneer 515	5.111	a-f	0.930	-0.043	72	11.78
5	MHE	5.095	a-f	1.036	-0.072	73	17.69
4	MHE	5.070	a-f	1.172	0.034	73	15.39
10	Pioneer 511A	5.057	a-f	1.392*	0.020	73	13.32
11	MHE	4.996	a-f	0.965	0.006	78	23.52
9	MHE	4.987	a-f	0.925	-0.042	77	18.88
16	H-418	4.944	a-f	0.956	0.174*	74	20.22
24	Funk's G-4880W	4.900	b-f	1.264	0.043	71	7.70
17	H-412	4.897	b-f	0.817	-0.031	71	26.56
2	MHE	4.850	b-f	1.054	0.024	73	21.55
7	MHE	4.826	c-f	0.885	-0.026	72	17.27
3	MHE	4.792	c-f	0.996	-0.051	77	25.12
18	H-509E	4.689	c-f	0.954	-0.063	81	13.00
20	Asgrow 305W	4.638	d-f	1.344*	-0.027	68	10.46
6	MHE	4.630	d-f	0.921	0.022	79	21.17
19	Asgrow RX-125W	4.556	ef	1.107	-0.013	70	10.07
23	Master 400	4.458	f	0.923	0.168*	70	11.74

+ Maíz Híbrido Experimental.

(*) Valores de $\hat{\beta}_i$ y S_{di}^2 diferentes significativamente de 1.0 y 0, respectivamente.

Nota: Las series de letras están abreviadas para ahorrar espacio en el cuadro; por ejemplo: abcd está escrito a-d.

DISCUSION

Interacción Genotipo-Ambiente

Para hacer recomendaciones de variedades, es necesario evaluar éstas sobre una adecuada muestra de ambientes como lo señalan Miller et al (1962), entre otros. Allard y Bradshaw (1964), mencionan que cuando se presentan grandes interacciones de variedad-localidad en un cultivo que es evaluado en diferentes partes de una región, indicaría que dicha región incluye un número de ambientes diferentes y especiales. Hill (1975) por su parte indica que la presencia de las interacciones genotipo-ambiente automáticamente indica que el comportamiento de los genotipos en el ensayo depende de los ambientes particulares en los cuales se desarrolla. Carballo y Márquez (1970) mencionan que un análisis conjunto de todos los ensayos regionales permitiría las estimaciones de las varianzas de las interacciones variedad-año y variedad-localidad, y en función de lo que fuera más importante cabría, para el primer caso, ampliar las pruebas a un mayor número de años ya que se estaría en situaciones que no se podrían preveer; en cambio si variedad-localidad fuera lo más importante, lo conveniente sería una subdivisión de la región en subregiones más o menos homogéneas, en las que se llevaran a cabo las pruebas para un menor número de años. La presencia de una interacción significativa de variedad-localidad, como la encontrada en el presente estu-

dio indica que la localidad tuvo un efecto consistente en las variedades de maíz, esto es, hubo un comportamiento diferencial de las variedades cuando se les sometió a diferentes ambientes (localidades en este caso). Otra cosa que podría indicar la presencia de la interacción variedad-localidad sería la posibilidad de una subdivisión de la Zona Norte de Tamaulipas en subregiones más o menos homogéneas para propósitos de evaluación. Se reconoce que en el presente estudio seis localidades son una muestra muy limitada de las condiciones ambientales de la Región y pudieran no ser una muestra adecuada de las condiciones que aquí existen. Pudiera ser que incrementando el número de localidades de prueba se estaría en condiciones de determinar el número adecuado de localidades necesarias para la evaluación de variedades de maíz. Asimismo, en el presente estudio el factor suelo, que es diferente de localidad a localidad, parece ser que tuvo un efecto marcado en la interacción de variedad-localidad, la cual podría ser reducida en cierta forma si la región se dividiera en subáreas. Otra cosa que se podría sugerir con la presencia de dicha interacción es la recomendación de variedades adaptadas a regiones específicas, o bien sugerir variedades con amplio rango de adaptación pero superiores en su comportamiento a las variedades adaptadas a ambientes específicos.

En cuanto a los días a floración, en el cuadro 9 puede notarse que el genotipo más tardío fué el H-509E mientras que el más precoz fué el Asgrow 305W. Pudiera pensarse que

el híbrido más tardío probablemente, por su ciclo, debería tener un mayor rendimiento; sin embargo no fué así debido probablemente a que fué sembrado un tanto tarde en comparación con los otros materiales. En esta región, para un híbrido tardío, mejor hubiera sido que se sembrara a finales de enero, para que su floración ocurriera durante los días, todavía frescos, de la primera quincena de abril (Mejía, comunicación personal). Cabe mencionar que la fecha de siembra para esta región comprende todo el mes de febrero, con fecha óptima el día 15 de dicho mes (la cual es sugerida más bien para maíces de ciclo intermedio). Hanway (1971), menciona que las siembras tempranas y otras prácticas culturales deberían ser seguidas para que la etapa de emisión de estigmas y derramamiento de polen ocurran cuando las condiciones climáticas sean probablemente las más favorables. Pendleton (1965), por su parte, menciona que en las siembras tempranas la polinización ocurriría antes de que se establecieran los días secos o calurosos.

Parámetros de Estabilidad

Carballo y Márquez (1970), consideran que un rendimiento medio elevado y cuadrados medios de las desviaciones de la regresión iguales a cero, son siempre deseables en una variedad; sin embargo, por lo que respecta a los valores que puede adquirir el coeficiente de regresión, quizá debería ser el mejorador quien, en función de las característi-

cas de la región, decidiera qué es lo más deseable, así pues, por ejemplo: si la variedad se va a recomendar de manera general para una región donde estará sujeta a fluctuaciones del ambiente, tanto predecibles como impredecibles, el valor apropiado del parámetro en cuestión deberá ser 1.0, pero si la región presenta condiciones favorables (o desfavorables) más o menos constantes de año a año y, además es factible el control de algunas variaciones, entonces podrán ser adecuados valores mayores o menores que 1.0. Es indudable que en ambas situaciones deberá preferirse que S_{di}^2 tenga valores de cero o cercanos a cero. Estos autores también mencionan que limitaciones de tipo presupuestal obligan a desarrollar la mayor parte de un programa de mejoramiento en un sólo campo experimental y, en esas circunstancias, es muy probable que no se seleccione el máximo potencial de rendimiento para todos los ambientes de la región donde vaya a distribuirse una variedad mejorada, existiendo además el riesgo de que entre los pocos híbridos que llegan a las pruebas regionales no haya ninguno con buena amplitud de adaptación. Las precauciones que al respecto se toman son las de seleccionar bajo condiciones intermedias y utilizar preferentemente híbridos de cruza doble formados con líneas de pocas autofecundaciones que, de acuerdo al concepto de estabilidad poblacional, se espera que tengan mayor adaptación. Eberhart y Russell (1966), indicaron que en situaciones donde la producción no da un excedente que pueda ser almacenado, o donde el almacenamiento en grandes cantidades

no es posible, una variedad con coeficiente de regresión menor que 1.0 ($\hat{\beta}_i < 1.0$) sería lo más deseable. Esto en México no sería posible dado el déficit de producción de maíz que el país presenta en la actualidad. También mencionan que puesto que la distribución de la lluvia es un factor principal del medio ambiente, las fechas de siembra tempranas y tardías pueden a menudo ser usadas para obtener un medio ambiente extra en cada localidad. Similarmente densidades de población y dosis de fertilizantes pueden ser usadas para incrementar el número de ambientes en un número fijo de localidades y al mismo tiempo proporcionar un mayor rango de condiciones ambientales.

Como se ve en el cuadro 9 es de notarse que de los 24 materiales evaluados 18 reúnen los requisitos de estabilidad ($\hat{\beta}_i = 1.0$ $S_{di}^2 = 0$). Referente a esto, diferentes autores como Sprague y Federer (1951); Eberhart y Russell (1969); Wright et al (1971); Aldrich y Leng (1974); Sprague (1970) y Simmonds (1979), reportan una mayor interacción con el ambiente para las cruces simples que para las triples o las dobles.

En la Figura 1 puede compararse el comportamiento de las variedades 1, 10 y 12 a través de los diferentes ambientes en que fueron probados. El rendimiento de cada variedad puede predecirse para cualquier ambiente empleando la fórmula:

$$\hat{y}_{ij} = \hat{M}_i + \hat{\beta}_i I_j$$

Así por ejemplo, el comportamiento del genotipo 1 en las seis localidades será el siguiente: (aquí el número de experimento será igual al número de la localidad).

$$\begin{aligned}
 \text{Localidad 1.- } \hat{y}_1 &= 4.991 + (0.993)(1.59) = 6.570 \\
 \text{Localidad 2.- } \hat{y}_2 &= 4.991 + (0.993)(1.61) = 6.590 \\
 \text{Localidad 3.- } \hat{y}_3 &= 4.991 + (0.993)(-0.60) = 4.395 \\
 \text{Localidad 4.- } \hat{y}_{14} &= 4.991 + (0.993)(-1.05) = 3.948 \\
 \text{Localidad 5.- } \hat{y}_{15} &= 4.991 + (0.993)(-0.20) = 4.792 \\
 \text{Localidad 6.- } \hat{y}_6 &= 4.991 + (0.993)(-1.35) = 3.650
 \end{aligned}$$

También en el cuadro 9 puede destacarse que de los 14 materiales que son superiores en rendimiento y estadísticamente iguales, 10 genotipos reúnen los requisitos de rendimiento promedio alto y estables ($\hat{\beta}_i = 1.0$ y $S_{di}^2 = 0$) observando también que nueve de ellos son materiales experimentales y que el genotipo 12 superó el rendimiento del mejor testigo.

El Centro de Investigaciones Agrarias (1980), menciona que la cosecha de maíz o "pizca" en México, se hace en forma manual en casi toda la superficie sembrada. Los procedimientos de cosecha o pizca están adaptados a las diferentes condiciones climáticas del país y estima en un 10% las pérdidas de cosecha durante la operación. Aún así, la cosecha mecánica se ha generalizado en esta región del país, por lo que se hace necesario que las variedades presenten un mínimo de acame, ya que de lo contrario gran parte de la cose-

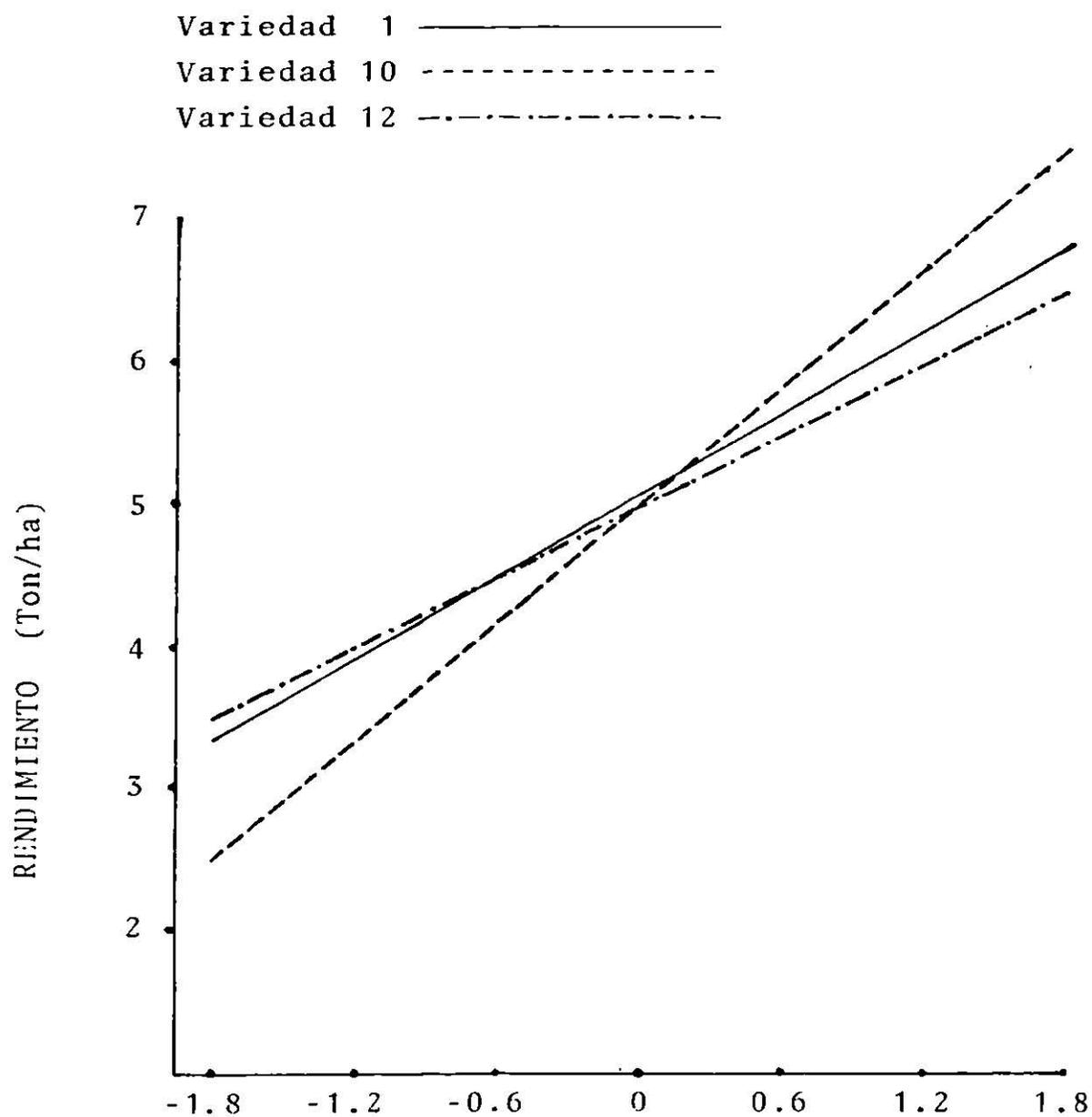


Figura 1. Respuesta de tres híbridos a diferentes ambientes.

cha quedaría en el campo, lo que aumentaría los costos de producción, ya que el agricultor se vería en la necesidad de contratar mano de obra para realizar lo que comúnmente se denomina "pepena"; dicha mano de obra muchas veces el agricultor tiene dificultades para conseguirla o no se encuentra disponible. Si se hace una comparación de los porcentajes de acame de los testigos (materiales comerciales) y los materiales experimentales, puede notarse el promedio para testigos es de 13.81% de plantas acamadas, mientras que para los materiales experimentales se tiene un promedio de 18.56% de plantas acamadas; de esta manera sería conveniente que de los 10 materiales que son superiores en rendimiento y estadísticamente iguales, y que son estables ($\hat{\beta}_i = 1.0$ y $S_{di}^2 = 0$) sería conveniente seleccionar, para propósito de recomendación, los materiales que presenten un porcentaje menor al 13.81%. Los materiales que reúnen estos requisitos son el híbrido experimental 12 y los híbridos comerciales Pioneer 3147 y Pioneer 515.

Aldrich y Leng (1974), mencionan que en la cosecha manual, el acame no reviste importancia, si bien es más cómodo cosechar en una planta no acamada; sin embargo, en regiones donde la cosecha mecánica es generalizada conviene sugerir materiales con un mínimo de acame.

Ahora bien, se tienen tres genotipos con alto rendimiento, estables y con un mínimo de acame; de estos tres materiales, y en general del experimento, el Pioneer 3147 es el único con grano amarillo; esto representa otro inconvenien-

te ya que es conocida la preferencia de la gente por el maíz de grano blanco para tortillas, aunque en ocasiones como la presente éstas son aceptadas de maíz amarillo, dado el déficit de maíz de grano blanco a nivel nacional; otro inconveniente para esta variedad es que también, durante el almacenamiento, sea preferida por insectos y/o enfermedades debido a su consistencia.

De esta forma, puede verse que en situaciones como la presente (región mecanizada) y en general para la recomendación de variedades en esta zona, es importante considerar no sólo el rendimiento, sino también otras características de la variedad que puedan afectar en alguna forma la economía del agricultor.

CONCLUSIONES

- 1.- Los resultados indican que hubo interacción variedad-lo calidad; esto es, que los genotipos presentaron un comportamiento diferencial cuando se les sometió a diferen tes localidades.
- 2.- Una parte importante de los materiales evaluados son es tables, a excepción de los materiales Pioneer 511A y As grow 305W, que tuvieron coeficientes de regresión diferentes a la unidad, y los materiales experimentales 1 y 13 y los comerciales H-418 y Master 400, cuyos valores S_{di}^2 fueron diferentes a cero.
- 3.- Hubo diferencia altamente significativa entre los híbr idos de maíz evaluados en lo que se refiere a rendimiento; es de notarse que hubo cruzas triples iguales o superiores en rendimiento a los diferentes materiales comerciales.
- 4.- El término "variedad deseable" se deja a criterio del investigador.
- 5.- En lo que se refiere a la característica días a flora ción, los resultados indican que hay efecto de lugar.
- 6.- El porcentaje de plantas acamadas es una característica importante en regiones como la presente, donde la cosecha mecánica se ha generalizado.

RECOMENDACIONES

- 1.- Conviene estratificar los Distritos de Riego Nos. 25 y 26 para propósitos de evaluación de variedades de maíz.
- 2.- Se sugiere determinar, mediante un muestreo más extensivo, el número de localidades y/o años necesarios para la evaluación de variedades de maíz en esta parte de Tamaulipas, ya que los datos de una localidad o en un año generalmente son de aplicación restringida; preguntas tales como la distribución adecuada de localidades o el número de años necesarios para obtener un estimador potencial de una variedad han recibido poca atención en los estudios sobre adaptabilidad del maíz en esta región.
- 3.- Para efecto de recomendación de variedades de maíz en esta parte de Tamaulipas conviene tomar en consideración otras características de la planta tales como el acame.
- 4.- Considerando no sólo el rendimiento y los parámetros de estabilidad, sino además otras características, tales como acame, quedaron dos híbridos que bien pudieran sugerirse: El híbrido experimental 12 y el Pioneer 515.

A P E N D I C E

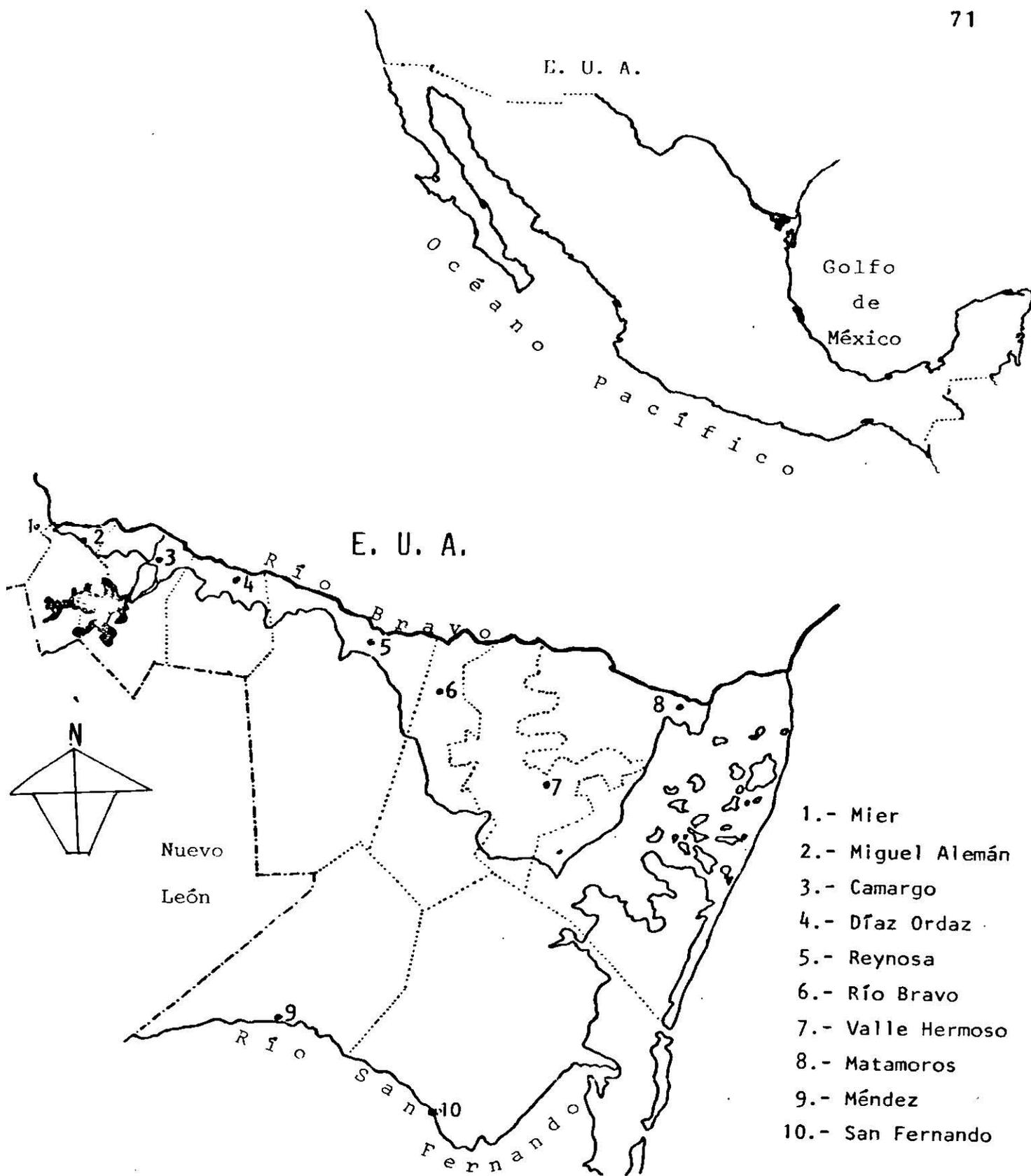
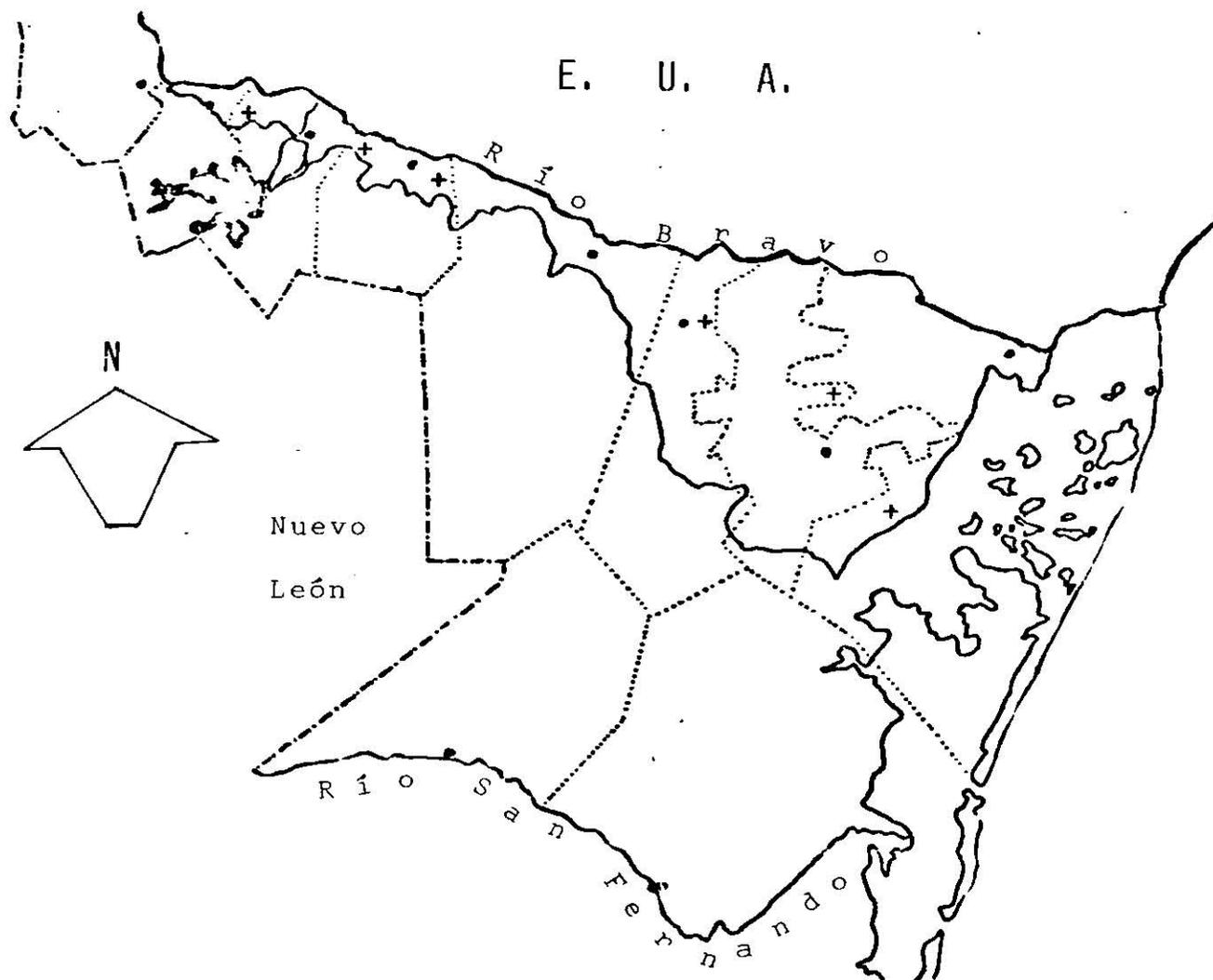


FIGURA 1 A. Localización geográfica del área de estudio.



(+) Localidades de prueba.

FIGURA 2 A. Ubicación de las localidades de prueba.

Análisis de Varianza Ponderado para la Característica
Días a Floración.

Factor de Corrección C:

$$C = \frac{(24509.7783)^2}{24(13.8015)}$$

$$C = 1813598.861$$

$$\begin{aligned} \text{S.C. Total} &= 3 \left\{ (4.554)(130837) + \dots + (1.2881)(127453) \right\} - C \\ &= 1819249.670 - 1813598.861 \\ &= 5650.8091 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S.C. para Lugares} &= \frac{1}{24} \left\{ (4.5524)(1771)^2 + \dots + (1.2881)(1747)^2 \right\} - C \\ &= 1816378.798 - 1813598.861 \\ &= 2779.9369 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S.C. para Variedades} &= \frac{1}{13.8015} \left\{ (999.6961)^2 + \dots + (987.6306)^2 \right\} - C \\ &= 1816267.949 - 1813598.861 \\ &= 2669.0880 \end{aligned}$$

La Suma de Cuadrados para la Interacción (I) se calcula por sustracción.

$$\text{S.C. para Interacción } I = 201.7842$$

$$\begin{aligned}
 \chi^2 &= \frac{(n - 4)(n - 2)}{n(n + t - 3)} \cdot I \\
 &= \frac{(46 - 4)(46 - 2)}{46(46 + 24 - 3)} \times 201.7842 \\
 &= 120.9920 **
 \end{aligned}$$

con

$$\begin{aligned}
 &\frac{(p - 1)(t - 1)(n - 4)}{(n + t - 3)} \\
 &= \frac{(6 - 1)(24 - 1)(46 - 4)}{(46 + 24 - 3)} \\
 &= 72.0896 \text{ g.l.}
 \end{aligned}$$

Los valores de χ^2 para $p = 0.01$ con 72 y 73 g.l. son 102.802 y 103.993, respectivamente.

B I B L I O G R A F I A

1. ALDRICH, S. R. y E. R. LENG. 1974. Producción moderna del maíz. Trad. de la 1a. Ed. en inglés por Oscar Martínez Tenreiro y Patricia Leguisamón. Argentina. Hemisferio Sur. P. 33-35.
2. ALLARD, R. W. 1961. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environments. *Crop Science* 1: 127-133.
3. ALLARD, R. W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. por José L. Montoya. Barcelona, España. P. 208.
4. ALLARD, R. W. and A. D. BRADSHAW. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science* 4: 503-507.
5. BAIHAKI, A., R. E. STUCKER and J. W. LAMBERT. 1976. Association of genotype x environment interactions with performance level of soybean lines in preliminary yield tests. *Crop Science* 16: 718-721.
6. BETANZOS, M. E. 1970. Dos aspectos en el estudio de la interacción genético-ambiental. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
7. BILBRO, J. D. and L. L. RAY. 1970. Environmental stability and adaptation of several cotton cultivars. *Crop Science* 16: 821-824.
8. BRIDGE, R. R., W. R. MEREDITH, Jr., and J. F. CHISM. 1969. Variety x environment interactions in cotton variety tests in the Delta of Mississippi. *Crop Science* 9: 837-838
9. BUSCH, R. H. , J. HAMMOND, and R. C. FROHBERG. 1976. Stability and performance of hard red spring wheat bulks for grain yield. *Crop Science* 16: 256-259.
10. BUSCH, R. H., W. C. SHUEY, and R. C. FROHBERG. 1969. Response of hard red spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to environments in relation to six quality characteristics. *Crop Science* 9: 813-817.
11. CAMPBELL, L. G. and H. N. LAFEVFR. 1977. Cultivar x environment interactions in soft red winter wheat

yield tests. Crop Science 17: 604-608.

12. CARBALLO C., A. y F. MARQUEZ S. 1970. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Agrociencia 5: 129-146.
13. COCHRAN, W. G. y G. M. COX. 1965. Diseños experimentales. Trad. de la 2a. Ed. en inglés por el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. Trillas. P. 592-617.
14. CHAVEZ CH., J. 1977. Estabilidad del rendimiento de grano de avena (Avena sativa L.) en diferentes agrupamientos ambientales. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
15. EBERHART, S. A. 1969. Yield stability of single-cross genotypes. Proceedings of the twenty-fourth annual corn and sorghum research conference. P. 22-35.
16. EBERHART, S. A. and W. A. RUSSELL. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science 6: 36-40.
17. EBERHART, S. A. and W. A. RUSSELL. 1969. Yield and stability for a 10-line diallel of single-cross and double-cross maize hybrids. Crop Science 9: 357-361.
18. EL CULTIVO DEL MAIZ EN MEXICO. 1980. Centro de Investigaciones Agrarias. México. P. 31-32.
19. FINLAY, K. W. and G. N. WILKINSON. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research 14: 742-754.
20. GOMEZ M., NOEL. 1977. Estabilidad del rendimiento y delimitación de áreas del cultivo de sorgo para grano en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
21. HANWAY, J. J. 1971. How a corn plant develops. Iowa Cooperative Extension Services. Special Report 48 (rev.).
22. JOHNSON, V. A., S. L. SHAFER, and J. W. SCHMIDT. 1968. Regression analysis of general adaptation in

hard red winter wheat (Triticum aestivum L.).
Crop Science 8: 187-191.

23. JONES, G. L., D. F., MATZINGER, and W. K. COLLINS. 1960. A comparison of flue-cured tobacco varieties repeated over locations and years with implications on optimum plot allocation. Crop Science 52: 195-199.
24. JOPPA, L. R., K. L. LEBSOCK, and R. H. BUSCH. 1971. Yield stability of selected spring wheat cultivars (Triticum aestivum L. em Thell) in the Uniform Regional Nurseries, 1959 to 1968. Crop Science 11: 238-241.
25. JOWETT, D. 1972. Yield stability parameters for sorghum in East Africa. Crop Science 12: 314-317.
26. KEMPTHORNE, O. 1957. The design and analysis of experiments. Robert E. Krieger Co. New York. P. 581-587.
27. KNIGHT, R. 1970. The measurement and interpretation of genotype-environment interactions. Euphytica 19: 225-235.
28. KOHEL, R. J. 1969. Phenotypic stability of homzygous parents and their F₁ hybridas in upland cotton, Gossypium hirsutum L. Crop Science 9: 85-88.
29. LIANG, G. H. L., E. G. HEYNE, and T. L. WALTER. 1966. Estimates of variety x environmental interactions in yield tests of three small grains and their significance on breeding programs. Crop Science 6: 135-139.
30. LEAL DE LA LUZ, F. 1977. Factores que influyen en la adecuación de los resultados de la investigación agrícola obtenida en los cultivos de maíz y sorgo para los distritos de riego No. 25 y No. 26. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
31. MARQUEZ, S., F. 1973. Relationship between genotype-environmental interactions and stability parameters. Crop Science 13: 577-579,
32. MARQUEZ, S., F. 1974. El problema de la interacción genético-ambiental en genotecnia vegetal. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
33. MARTINEZ G., A. 1972. Diseno y análisis de experimen-

tos con caña de azúcar. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. P. 136-144.

34. MILLER, P. A., J. C. WILLIAMS, and H. F. ROBINSON. 1959. Variety x environment interactions in cotton variety tests and their implications on testing methods. *Agronomy Journal* 51: 132-134.
35. MILLER, P.A., H. F. ROBINSON, and O. A. POPE. 1962. Cotton variety testing: additional information on variety x environment interactions. *Crop Science* 2: 349-352.
36. MOLL, R. H. and C. W. STUBER. 1974. Quantitative genetics empirical results relevant to plant breeding. IV. Genotype environmental interactions. *Advances in Agronomy* 26: 287-295.
37. MORALES P., A. O., F. LEAL DE LA L., H. VILLARREAL M., J. A. GONZALEZ DE L. y J. VALERO G. 1980. Marco de referencia del área de influencia del CAERIB. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
38. MURRAY, J. C. and L. M. VERHALEN. 1970. Genotype by environment interaction study of cotton in Oklahoma. *Crop Science* 10: 197-199.
39. PANSE, V. G. y P. V. SUKHTAME. 1963. Métodos estadísticos para investigadores agrícolas. Trad. de la 1a. Ed. en inglés por Ana María Flores y Ma. Guadalupe Lomelí. 2a. Ed. México. Fondo de Cultura Económica. P. 273-289.
40. PENDLETON, J. W. 1965. Cultural practices-spacing, etc. Proceedings of the twenty annual hybrid corn industry-research conference. P. 51-58.
41. RASMUSSEN, D. C. 1968. Yield and stability of yield of barley populations. *Crop Science* 8: 600-602.
42. RASMUSSEN, D. C. and J. W. LAMBERT. 1961. Variety x environment interactions in barley variety tests. *Crop Science* 1: 261-262.
43. REICH, V. H. and R. E. ATKINS. 1970. Yield stability of four population types of grain sorghum, *Sorghum bicolor* (L) Moench, in different environments. *Crop Science* 10: 511-517.
44. ROWE, P. R. and R. H. ANDRIW. 1964. Phenotypic stability for a systematic series of corn genotypes.

Crop Science 4: 563-567.

45. SAMUEL, S. J. A., J. HILL, E. L. BREESE, and A. DAVIS. 1970. Assessing and predicting environmental response in Lolium perenne. The Journal of Agricultural Science 75: 1-9.
46. SCOTT, G. E. 1967. Selecting for stability of yield in maize. Crop Science 6: 549-551.
47. SCHUTZ, W. M. and R. L. BERNARD. 1967. Genotype x environment interactions in the regional testing of soybean strains. Crop Science 7: 125-130.
48. SIMMONDS, N. W. 1979. Principles of crop improvement. Longman Inc., New York. P. 118, 195-197.
49. SNEDCOR, G. W. y W. G. COCHRAN. 1971. Métodos estadísticos. Trad. de la 6a. Ed. en inglés por J. A. Reinosa Fuller. CECSA. México. P. 366, 461-464.
50. SPRAGUE, G. F. (editor). 1976. Corn and corn improvement. American Society of Agronomy, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, U.S.A. P. 327-329.
51. SPRAGUE, G. F. and W. T. FEDERER. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials. II. Error, year x variety, location x variety and variety components. Agronomy Journal 43: 535-541.
52. STEEL, R. J. and J. H. TORRIE. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill Book Co. P. 249-250.
53. WRIGHT, J. A., A. R. HALLAUER, L. U. PENNY, and S. A. EBERHART. 1971. Estimating genetic variance in maize by use of single and three-way crosses among unselected inbred lines. Crop Science 11: 690-695.
54. YATES, F. 1970. Experimental design. Selected papers. Hafner Publishing Company, Darien, Conn. P. 119-145.

