



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

**COMPARACION DE DOS MODELOS MATEMATICOS PARA
ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE**

INGENIERO AGRONOMO

Orientación Fitotécnica

PRESENTA

Luis Pérez Moreno

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal.

1981

Esta tesis fué realizada bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y acepta da como requisito parcial para la obtención del grado de: .

INGENIERO AGRONOMO, ESPECIALIDAD FITOTECNIA

Zapopan, Jalisco, Méx., diciembre de 1981

COMITE PARTICULAR:

DIRECTOR: Ing.y M.C. Salvador A. Hurtado y de la Peña.

ASESOR: Ing.y M.C.Raymundo Velasco Nuño.

ASESOR: Ing. Salvador Mena Munguía.

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 5 de Julio de 1981.

C. ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE

LUIS PEREZ MORENO

Titulada:

"COMPARACION DE DOS MODELOS MATEMATICOS PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD".

Damos nuestra aprobación para la Impresión de la misma.

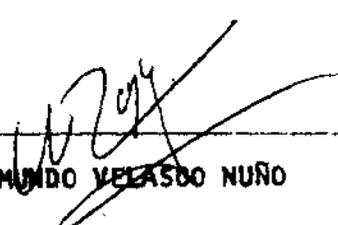
DIRECTOR



ING. SALVADOR HURTADO Y DE LA PEÑA

ASESOR

ASESOR



ING. RAYMUNDO VELASCO NUÑO



ING. SALVADOR MENA MUNGUIA

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

A la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara por la enseñanza adquirida durante mi carrera.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas por su valiosa ayuda prestada al proporcionar los medios necesarios para el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. y M.C. Salvador Hurtado y de la Peña, por el apoyo desinteresado que siempre me ha brindado, por la sugerencia del tema, orientación en el desarrollo del mismo y revisión del manuscrito.

A los Ing. y M.C. Raymundo Velasco Nuño e Ing. Salvador Mena Munguía, por la revisión del manuscrito y por sus valiosas sugerencias para la elaboración final de la tesis.

A los Drs. Guillermo Jorge Hernández Bravo y Manuel Rodríguez Peña por la revisión del manuscrito y por sus valiosas sugerencias para la elaboración final de la tesis.

A la Sra. Guadalupe Ortiz Menéndez por su ayuda en la realización del trabajo mecanográfico.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

RAMON Y ABIGAIL, QUIENES CON SU CARINO Y EJEMPLO, HAN HECHO POSIBLE PARA VERME FORMADO COMO PROFESIONISTA.

A MI NOVIA:

LUPITA, QUIEN CON SU CARINO Y AMOR ME HA ESTIMULADO PARA SUPERARME DIA A DIA.

A MIS HERMANOS:

MARIA GUADALUPE, JORGE, RAMON, TERESA, MARIA DEL CARMEN, MARICELA, MARIA DE LA LUZ, ROBERTO JAVIER Y MONICA GABRIELA, CON AFECTO Y CARINO.

A MIS ABUELITAS Y TIO:

MARIA GUADALUPE, MARIA GUADALUPE Y ALFONSO,
CON RESPETO.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

POR LA UNION QUE COMPARTIMOS.

C O N T E N I D O

	PAG.
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	vi
RESUMEN.	ix
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS E HIPOTESIS.	3
III. REVISION DE LITERATURA.	5
3.1 Interacción Genotipo-Ambiente	5
3.1.1 Metodología Eberhart y Russell.	16
3.1.2 Metodología Plaisted.	27
IV. MATERIALES Y METODOS	30
4.1 Material genético.	30
4.2 Diseño experimental.	30
4.3 Area de trabajo y caracts.climatológicas	30
4.4 Variables observadas	33
4.5 Modelo Plaisted para adaptabilidad	33
4.6 Modelo Eberhart y Russell para estabilidad	35
4.7 Análisis estadístico	38
a) Para el modelo Plaisted	38
b) Para el modelo Eberhart y Russell	38
4.8 Comparación de Medias.	38
V. RESULTADOS Y DISCUSION	41
5.1 Comparación de medias.	41
5.2 Análisis de varianza para estimar los parámetros - de estabilidad (Modelo Eberhart y Russell)	44
5.3 Interacción genotipo-ambiente (Modelo Plaisted).	53
VI. CONCLUSIONES	69
VII. APENDICE	73
VIII. BIBLIOGRAFIA	78

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	PAG.
CUADRO 1. DESCRIPCION DE MATERIALES DE ACUERDO A SUS PARAMETROS DE ESTABILIDAD. CARBALLO (1970)	18
CUADRO 2. RELACION DE GENOTIPOS ESTUDIADOS, MOSTRANDO SU TIPO DE CICLO Y SU PROCEDENCIA.	31
CUADRO 3. AMBIENTES DE PRUEBA, CON SUS CARACTERISTICAS-CLIMATOLOGICAS SEGUN CARCIA, E. (1973).	34
CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL MODELO PLAISTED.	39
CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL MODELO EBERHART Y RUSSELL.	40
CUADRO 6. RENDIMIENTO MEDIO DE 17 GENOTIPOS DE MAIZ ENSAYADOS EN 6 AMBIENTES.	42
CUADRO 7. DIAS A FLORACION PROMEDIO DE 17 GENOTIPOS DE MAIZ ENSAYADOS EN 6 AMBIENTES.	43
CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA LA VARIABLE "RENDIMIENTO" DE 17 GENOTIPOS DE MAIZ EVALUADOS EN 6 AMBIENTES.	45
CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA LA VARIABLE "FLORACION" DE 17 GENOTIPOS DE MAIZ EVALUADOS EN 6 AMBIENTES.	46

	PAG.
CUADRO 10. RENDIMIENTO MEDIO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD ESTIMADOS PARA 17 GENOTIPOS DE MAIZ ENSAYADOS EN 6 AMBIENTES.	48
CUADRO 11. DIAS A FLORACION PROMEDIO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD ESTIMADOS PARA 17 GENOTIPOS DE MAIZ ENSAYADOS EN 6 AMBIENTES.	49
CUADRO 12. DESCRIPCION DE LOS MATERIALES ESTUDIADOS (VARIABLE RENDIMIENTO) DE ACUERDO A LOS VALORES OBTENIDOS DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD. CARBALLO (1970).	51
CUADRO 13. DESCRIPCION DE LOS MATERIALES ESTUDIADOS (VARIABLE FLORACION) DE ACUERDO A LOS VALORES OBTENIDOS DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD. CARBALLO (1970)	52
CUADRO 14. ANALISIS COMBINADO DE VARIANZA (VARIABLE RENDIMIENTO) PARA 17 GENOTIPOS DE MAIZ, EVALUADOS EN 6 AMBIENTES.	54
CUADRO 15. ANALISIS COMBINADO DE VARIANZA (VARIABLE FLORACION) PARA 17 GENOTIPOS DE MAIZ, EVALUADOS EN 6 AMBIENTES.	55
CUADRO 16. ANALISIS COMBINADOS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE "RENDIMIENTO" EXCLUYENDO SIMULTANEAMENTE UN GENOTIPO DIFERENTE EN CADA UNO DE ELLOS, EN LAS 6 LOCALIDADES ESTUDIADAS.	56
CUADRO 17. ANALISIS COMBINADOS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE "FLORACION" EXCLUYENDO SIMULTANEAMENTE UN GENOTIPO DIFERENTE EN CADA UNO DE ELLOS, EN LAS 6 LOCALIDADES ESTUDIADAS.	59

	PAG.
CUADRO 18. VALORES ESTIMADOS DE LA COMPONENTE σ^2_{GXA} DE CADA UNO DE LOS ANALISIS COMBINADOS CUANDO SE ELIMINAN CADA UNO DE LOS 17 GENOTIPOS, PARA LA VARIABLE "RENDIMIENTO".	63
CUADRO 19. VALORES ESTIMADOS DE LA COMPONENTE σ^2_{GXA} DE CADA UNO DE LOS ANALISIS COMBINADOS CUANDO SE ELIMINAN CADA UNO DE LOS 17 GENOTIPOS, PARA LA VARIABLE "FLORACION"	64
CUADRO 1A. INDICES AMBIENTALES PARA LA VARIABLE "RENDIMIENTO", EN LOS 6 AMBIENTES DE PRUEBA.	74
CUADRO 2A. INDICES AMBIENTALES PARA LA VARIABLE "FLORACION", EN LOS 6 AMBIENTES DE PRUEBA.	75
FIGURA 1. INTERPRETACION DE POBLACIONES VARIETALES DE ACUERDO A SU COEFICIENTE DE REGRESION Y RENDIMIENTO MEDIO.	9
FIGURA 2. UBICACION GEOGRAFICA DE LAS LOCALIDADES DE PRUEBA.	32
FIGURA 1A. COMPORTAMIENTO EN RENDIMIENTO DE ALGUNOS GENOTIPOS EN LOS DIFERENTES AMBIENTES.	76
FIGURA 2A. COMPORTAMIENTO EN FLORACION DE ALGUNOS GENOTIPOS EN LOS DIFERENTES AMBIENTES.	77

RESUMEN

Ante la creciente explosión demográfica en nuestro país, se ve la imperiosa necesidad de producir más alimentos para el sustento de la población y conociendo que las áreas de cultivo presentan grandes variaciones en cuanto a clima, suelo, topografía, etc, se ve la dificultad de identificar variedades e híbridos de mayor rendimiento y estables a la mayoría de los ambientes, por lo que se debe detectar el método adecuado para identificar por su adaptabilidad y estabilidad a los mejores genotipos. En consideración a lo anterior el presente trabajo tuvo como objetivos: a) Identificar algunas objeciones estadísticas al uso de los modelos matemáticos propuestos por Eberhart y Russell y por Plaisted para estimar los parámetros de estabilidad y así posteriormente tratar de corregirlas y los resultados obtenidos al estimarlos sean más confiables. b) Comparar cual de los modelos matemáticos propuestos por Eberhart y Russell y por Plaisted para estimar los parámetros de estabilidad es el más eficiente para determinar la adaptabilidad de los genotipos. c) Determinar por medio de la técnica de parámetros de estabilidad la adaptabilidad y estabilidad de los genotipos evaluados en los ambientes de prueba a fin de lograr una mayor producción.

En el estudio realizado en el año de 1978 se probaron 17 variedades e híbridos de maíz evaluados en 6 ambientes localizados en la zona sur, centro y altos de Jalisco, las cuales son consideradas netamente de temporal. Con el fin de satisfa

cer los objetivos planteados se les aplicaron a los datos las metodologías propuestas por Eberhart y Russell y por Plaisted.

En base a los resultados, se obtuvieron las siguientes -- conclusiones.

a) Las variedades e híbridos evaluados difieren estadística-mente en el promedio de rendimiento y floración, demostrando amplia variabilidad genética para los dos tipos de variables, b) hay probabilidad de que existan diferentes mecanismos gené-ticos que controlan el promedio de rendimiento y floración y-
la respuesta de los genotipos a los cambios ambientales. c) -
la no significancia estadística para la interacción genotipo-
ambiente al utilizar el modelo Eberhart y Russell quizá se de-
ba a una reducida heterogeneidad ambiental, por lo que una me-
nor uniformidad en los mismos ayudaría a que los genotipos -
se diferencien con más intensidad y puedan así detectarse di-
ferencias significativas en los análisis de varianza. d) se -
considera necesario realizar estudios similares al presente,
utilizando genotipos y ambientes contrastantes así como resul-
tados de varios años, e) se considera que la prueba de $\beta_i = 1$
no es una prueba verdadera, ya que al realizar las operacio-
nes respectivas para saber el valor que se le debe asignar a
 β_i , este resulta ser $\beta_i = 0$; pero en la práctica es muy
común utilizar $\beta_i = 1$ y obtener buenos resultados, f) ante la
necesidad de determinar la significancia estadística en esta
bilidad para los genotipos estudiados por el modelo Plaisted

y la imposibilidad de poder utilizar una prueba de rangos múltiples para realizarla, sitúa a esta metodología en desventaja con la metodología Eberhart y Russell . g) El modelo Eberhart y Russell nos proporciona la adaptabilidad y estabilidad de -- los materiales estudiados por medio de los parámetros β_i y s^2 di respectivamente, mientras que al utilizar el modelo Plaisted solo nos proporciona la estabilidad de los mismos -- por medio de los valores estimados de la componente $(\sigma_{GXA,h})$ -- por lo general en este estudio, los genotipos que son descritos como estables por Eberhart y Russell son los que tienen -- mayor estabilidad según Plaisted y los que se describen con -- buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes -- por Eberhart y Russell son los que tienen menor estabilidad -- según Plaisted, por lo que se considera que las dos metodologías nos guían a resultados similares con los inconvenientes -- mencionados en f y g.

I . I N T R O D U C C I O N

El maíz es el cultivo de mayor importancia en México, durante el año de 1980 ocupó el primer lugar entre los cultivos productores de grano dedicados a la alimentación humana y animal, con una producción estimada de 12'383,342 de toneladas-obtenidas en una superficie de 6'995,201 ha

En México la importancia de maíz radica en el hecho de ser la principal fuente de carbohidratos en la dieta alimenticia de la mayoría del pueblo mexicano, tanto en el medio rural como en el urbano. De las plantas cultivadas en México el maíz ocupa el primer lugar en el área cosechada y en valor económico. De dicha superficie (6'955,201 ha) el 90% son sembradas bajo condiciones de temporal. Estas amplias regiones presentan variaciones en los factores combinados de clima, característica orográficas, así como edafológicas por lo tanto, la recomendación de variedades de mayor rendimiento y estables a la mayoría de ambientes y años se hace difícil. Esta dificultad radica en la respuesta relativa diferencial de las variedades que son utilizadas en determinado cultivo agrícola comercial.

La selección de genotipos más apropiados para un ambiente específico, puede efectuarse con relativa facilidad, pero a medida que los ambientes se diversifican cubriendo un área --

más amplia, la variabilidad ambiental aumenta y en consecuencia las plantas difícilmente pueden mantenerse dentro del rango de rendimientos altos.

A reserva de discutir posteriormente la importancia de la interacción genético-ambiental es necesario señalar que tanto la dificultad de controlar los efectos de éstas interacciones, esencialmente de la interacción genotipo-año, como la falta de una técnica adecuada para identificar por su estabilidad a los mejores genotipos, influyeron en las investigaciones realizadas por diversos científicos, Plaisted y Peterson (1959), -- Finlay y Wilkinson (1963), Eberhart y Russell (1966), Bucio -- Alanis (1966) etc, para tratar de encontrar el método más adecuado y caracterizar a los genotipos como tales.

Los resultados de dichas investigaciones dieron origen a los métodos conocidos como "Parámetros de estabilidad".

En el presente trabajo se hace uso de los métodos de Parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell y por Plaisted, para comparar la efectividad de cada uno de ellos por medio de la identificación dentro de un grupo de genotipos a los más sobresalientes en adaptabilidad y estabilidad.

II OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Identificar algunas objeciones estadísticas al uso de los modelos matemáticos propuestos por Eberhart y Russell y por Plaisted para estimar los parámetros de estabilidad.

2.1.2 Comparar cual de los modelos matemáticos propuestos por Eberhart y Russell y por Plaisted para estimar los parámetros de estabilidad es más eficiente.

2.1.3 Determinar por medio de la técnica de parámetros de estabilidad la adaptabilidad y estabilidad de los genotipos evaluados en los ambientes de prueba a fin de lograr una mayor producción.

2.2 HIPOTESIS

2.2.1 Existen algunas objeciones estadísticas al uso de los modelos matemáticos propuestos por Eberhart y Russell y por Plaisted para estimar los parámetros de estabilidad que ha hecho que sean criticados por algunos investigadores.

2.2.2 El modelo matemático propuesto por Eberhart y Russell para estimar los parámetros de estabilidad nos proporciona resultados más confiables que el modelo matemático propuesto por Plaisted.

2.2.3 El uso de la técnica de parámetros de estabilidad sirve para determinar la adaptabilidad y estabilidad de los genotipos más adecuados para determinados medios ambientes.

III REVISION DE LITERATURA

3.1 Interacción Genotipo - Ambiente

Dentro de la investigación agrícola se trabaja con mucha incertidumbre al desconocer las mejores metodologías de prueba, selección y la mejor técnica estadística para evaluar las variedades y líneas avanzadas probadas en diferentes medios ambientes, ya que solamente se considera el rendimiento promedio de esos genotipos como parámetro para discriminación sin considerar si existe ó no la fuente de variación debida a la interacción genotipo-medio ambiente, esto ha influido para que un gran número de investigadores hayan realizado investigaciones tendientes a encontrar el método más adecuado que permita identificar los mejores genotipos que al interaccionar menos con el medio ambiente tengan mayor rango de adaptación y posteriormente delimitar las áreas geográficas en las cuales la adaptabilidad de determinados genotipos sea mayor.

Lerner (1954) designó con el nombre de "Homeostasis-Genética" la propiedad de una población capaz de equilibrar su actividad genética para resistir a los cambios bruscos del medio ambiente.

Miller, Williams y Robinson (1959) evaluaron por un periodo de tres años 15 variedades de algodón en nueve localidades de Carolina del Norte, E U A . El estudio diseñado para ob

tener 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 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 los efectos de localidad ó año no fueron consistentes en la respuesta varietal diferencial durante el período de prueba. Las observaciones sobre las pruebas individuales sugirieron al autor que los patrones de distribución de lluvia e infestación de insectos fueron importantes para determinar la respuesta varietal diferencial. En el área muestreada las diferencias del suelo parecen tener poco efecto en el comportamiento de las variedades. Otras características de rendimiento (con excepción de la finura de la fibra), mostraron este mismo patrón en la interacción.

Plaisted (1960) propuso un método corto para evaluar la adaptación de las poblaciones en diferentes localidades, -- por medio de la componente genotipo X localidad. Para ello, se realiza inicialmente un análisis combinado de varianza para todos los genotipos en todas las localidades durante un año dado. Posteriormente se hacen análisis combinados excluyendo cada vez

un genotipo diferente. El valor del componente de la σ_{GL}^2 en cada uno de estos combinados se compara con el σ_{GL}^2 que posean todos los genotipos y el genotipo excluido que de él valor σ_{GL}^2 más alto será el de mejor adaptación a las localidades estudiadas.

Finlay y Wilkinson (1963) en un estudio que realizaron con 277 variedades de cebada en diferentes condiciones ambientales consideraron dos índices importantes para el análisis de estabilidad: 1) el coeficiente de regresión, 2) el rendimiento medio de la variedad en todos los ambientes. Utilizaron como medida de ambiente, el promedio de rendimiento de todas las variedades en cada localidad y en cada estación.

La estabilidad de la variedad está definida por estos autores, en función de su rendimiento promedio y el coeficiente de regresión del rendimiento sobre ambientes.

Concluyen que coeficientes de regresión aproximados a 1 indican estabilidad promedio.

Si existe rendimiento medio elevado y con coeficiente de regresión aproximado a 1, la variedad tiene adaptabilidad general. Este coeficiente asociado a bajos rendimientos indica adaptación a ambientes específicos pobres ó desfavorables, sucede lo contrario cuando se asocia a rendimientos elevados en donde habrá ambientes favorables.

Los coeficientes de regresión mayores de 1 detectan variedades altamente sensibles y específicas para ambientes favorables.

Cuándo los coeficientes de regresión son menores de 1 hay mayor resistencia a cambios ambientales.

FIGURA 1. Interpretación de Poblaciones Varietales de acuerdo a su Coeficiente de Regresión y Rendimiento Medio.

Allard y Bradshau (1964) dividen las variaciones del medio ambiente en predecibles e impredecibles, las primeras son las características permanentes del medio ambiente como caractéres generales de clima, tipo de suelo, etc, las segundas son todas aquellas fluctuaciones función del tiempo, tales como lluvia, temperaturas, etc. Denominan a una variedad como "buena amortiguadora" ó con "buena flexibilidad" -- cuando puede ajustar su condición genotípica y fenotípica en respuesta a fluctuaciones transitorias del medio ambiente y distinguen dos tipos de flexibilidad a través de las cuales una variedad puede tener estabilidad: 1) flexibilidad individual, cuando cada individuo de una población tiene buena -- adaptación al rango de medios ambientes y 2) flexibilidad poblacional, que surge de las interacciones de diferentes genotipos que estan coexistiendo, cada uno de ellos adaptados a determinados rangos de ambientes.

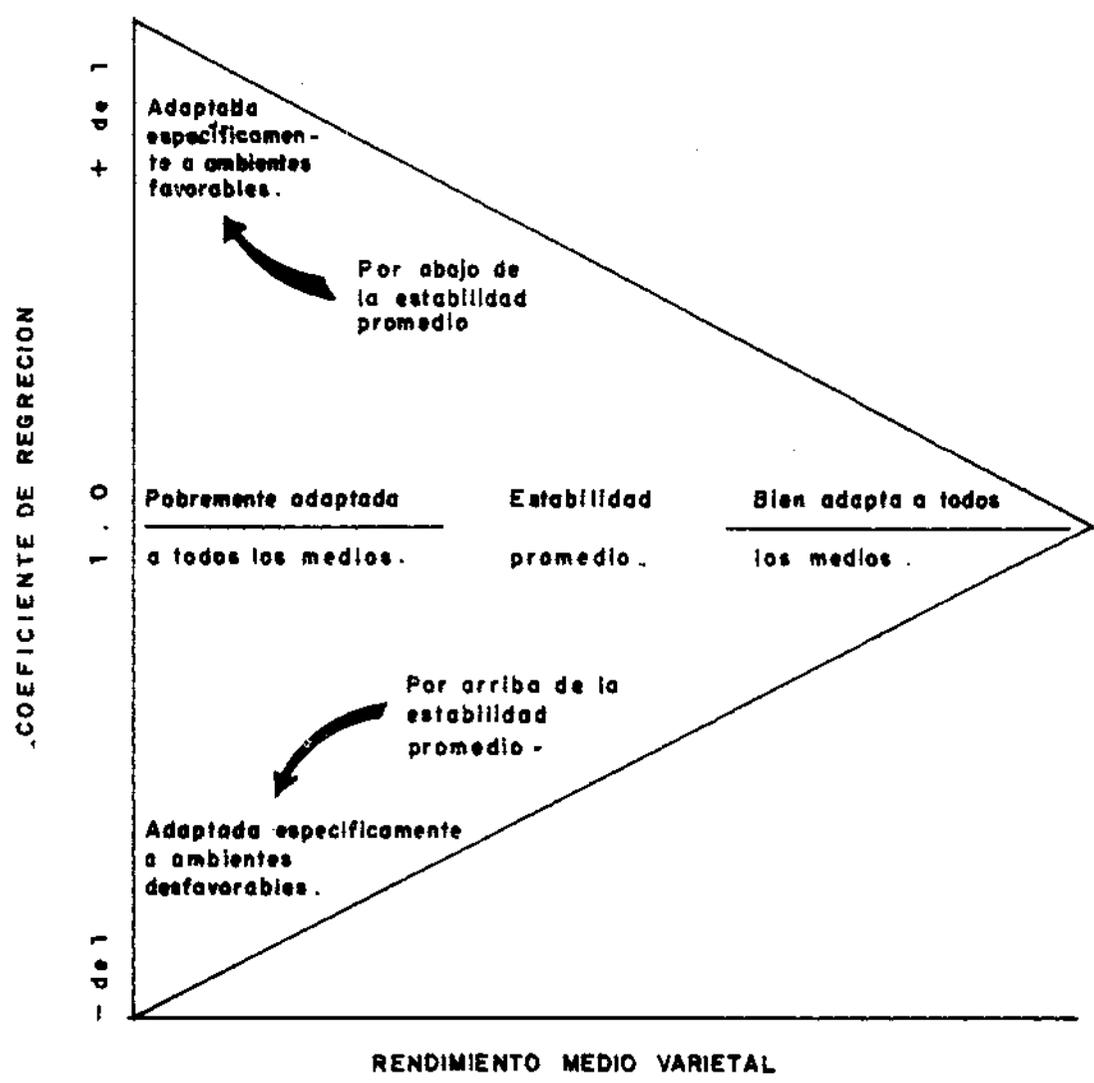


Fig. 1: INTERPRETACION DE POBLACIONES VARIETALES DE ACUERDO A SU COEFICIENTE DE REGRESION Y RENDIMIENTO MEDIO.

Eberhart y Russell (1966) proponen el siguiente modelo matemático para identificar genotipos por su rendimiento y estabilidad, usando dos parámetros:

$$Y_{ij} = U_i + B_i I_j + d_{ij}$$

1) Coeficiente de regresión de los genotipos sobre los ambientes, en donde ambiente se mide por el comportamiento promedio de los genotipos en dichos ambientes.

2) Las desviaciones de la regresión.

En el modelo Y_{ij} es la media varietal de la variedad i en el ambiente j , U_i es la media varietal de la variedad i en todos los ambientes, B_i es el coeficiente de regresión que mide la respuesta de la variedad i en todos los ambientes, d_{ij} es la desviación de la regresión de la variedad i en el ambiente j , I_j es el índice ambiental. Considerando la dificultad de utilizar un índice independiente de las variedades y obtenido de factores ambientales como lluvia, temperatura y fertilidad de suelos, los autores usan como índice ambiental el promedio de rendimiento de las variedades en un medio ambiente en particular, menos la media general.

Los estudios conducidos en maíz por los autores anteriores en Iowa indicaron que, los híbridos con un coeficiente-

de regresión "b", menor de uno, generalmente daban rendimientos promedio por debajo del promedio general; siendo el ideal, las variedades ó híbridos estables que tengan un "b" cercano a uno, rendimientos por encima del promedio general y desviación de la regresión próxima a cero.

Scott (1967) en un estudio realizado para definir si existía diferencia en estabilidad de rendimiento en líneas de maíz concluye que la selección realizada para dicho carácter fué efectiva.

Menciona el autor que se han estudiado varios métodos para estabilidad como son la combinación de semilla de -- más de un híbrido, las cruzas dobles y los sintéticos. Estos son buenos si no están sometidos a la influencia del medio ambiente.

Define el autor un carácter que facilitará su medida siendo éste:

- a) El híbrido que exhibe la varianza más pequeña en los ambientes de prueba.
- b) Un híbrido que rinde cerca de su cantidad esperada en cada localidad de prueba y que tenga su coeficiente de regresión cerca de 1.

Finalmente concluye que el carácter de estabilidad - está bajo control genético sin saber el tipo y el número de genes que lo condicionan. De acuerdo con las características ambientales de su región el mejorador seleccionará cual es el tipo de estabilidad más conveniente a su programa.

Freeman y Perkins (1971), según estos autores los análisis de regresión similares a los de Yates y Cochran (1938) adolecen de dos objeciones estadísticas fundamentales las cuales se relacionan con: 1) La elección de la suma de cuadrados y los grados de libertad de los cuales se substraen las componentes de regresión y 2) La selección de las medias de los efectos ambientales sobre los que se realiza la regresión (la más importante). Estos mismos autores proponen un método para la división de la suma de cuadrados y una forma de análisis de varianza en el que todos los términos son ortogonales y es posible hacer las comparaciones con pruebas de F. En relación a la segunda objeción sugieren tres métodos para obtener valores ambientales independientes.

a) Inclusión de una serie de genotipos (testigos) - que estén cercanamente relacionados a los genotipos bajo prueba.

b) División de las repeticiones disponibles en dos grupos, usando un grupo para medir las interacciones genoti--

po ambiente y el segundo para evaluar los ambientes.

c) Inclusión de un solo genotipo ó un limitado número de genotipos para evaluar los ambientes.

Fripp (1972) tratando de determinar la importancia de usar ó no valores ambientales independientes de acuerdo con lo señalado por Freeman y Perkins (1971), Fripp (1972) aplicó los diferentes métodos propuestos por estos autores a datos experimentales, encontrando que los resultados obtenidos usando valores ambientales independientes concuerdan con aquellos obtenidos al usar valores ambientales no independientes, lo que sugiere que el sesgo introducido al usar estos últimos es muy pequeño.

Jowett (1972) comparó los modelos propuestos por Finlay y Wilkinson (1963) y por Eberhart y Russell (1966) en un estudio de sorgo, en base a los resultados obtenidos señala como preferible el de Eberhart y Russell (1966) porque utiliza datos sin transformar, lo cual facilita la interpretación.

Goldsworthy (1974) señala como la objeción más seria a los modelos de Finlay y Wilkinson (1963) y Eberhart y Russell (1966) a los índices ambientales que utilizan ya que los rendimientos de cualquier variedad están inevitablemente correlacionados con el índice ambiental contra el cual se prueban y por-

que la distribución de las variedades en torno a la medida de rendimiento dependerá de la muestra de variedades estaciones y localidades utilizadas en la estimación.

Márquez (1974) menciona que la interacción genotipo ambiente no es sino el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes medios ambientes.

Varela y Franco (1974) utilizaron las técnicas de Finlay y Wilkinson (1963) y de Eberhart y Russell (1966) para estudiar la adaptabilidad de variedades de trigo. En su trabajo clasifican los ambientes en buenos, medios y malos, considerando los valores de los índices ambientales y también categorizan a los genotipos de acuerdo a los valores de sus parámetros. No obstante que estos investigadores señalan que sus pruebas no estuvieron en condiciones extraordinarias, indican que sus resultados están limitados a los genotipos probados y a los ambientes utilizados y que éstos pueden cambiar.

Kikuchi et al (1975) evaluaron la adaptabilidad del rendimiento de genotipos de arroz utilizando el método de Finlay y Wilkinson (1963). El método lo aplicaron a tres combinaciones diferentes de ambientes y genotipos y encontraron que el valor de los parámetros (rendimiento promedio y coeficiente de regresión) dependen de la serie de ambientes y/o variedades.

También encontraron que la adaptabilidad de las variedades de un mismo origen tendieron a ser similares.

Júarez (1977) estudió el efecto del número de ambientes (5,10,15,21) sobre el valor de los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell (1966) en el rendimiento de grano de sorgo. Al analizar la significancia de la regresión respecto al valor de 1.0, encontró que con 5 ambientes todos los coeficientes de regresión no fueron diferentes a la unidad y que a medida que se incrementa el número de ambientes, aumentará el número de variedades con coeficiente de regresión diferente de 1.0. En cuanto a las desviaciones de regresión determinó que a medida que se incrementa el número de ambientes, disminuye el número de variedades con desviaciones estadísticas iguales a cero y al graficar los datos de rendimiento observados, con una variedad evaluada en 21 ambientes y con $S^2_{di} > 0$, encontró una tendencia de tipo cuadrático.

López (1978) evaluó seis genotipos de maíz, previamente caracterizados por el valor de sus parámetros y encontró que esta categorización varía de una prueba a otra, debido a que en cada una de éstas cambia la heterogeneidad ambiental, el número de ambientes involucrados y el número de variedades que intervienen, por lo que se recomienda que el uso de estos parámetros debe considerarse como auxiliar en la discriminación de genotipos ya que la caracterización que se haga solo es válida

para las condiciones donde se determinó, no debiendo esperarse, señala, un comportamiento similar en otros años y localidades - por lo cual no recomienda la extrapolación de resultados.

Carballo y Livera (1979) señalan que para hacer más confiables los resultados obtenidos por el modelo de Eberhart y Russell (1966), debe tenerse en cuenta el grado de diversidad genética de los materiales que se evaluán y la amplitud ambiental, para que esta última no tenga limitación alguna para la expresión de los genotipos.

3.1.1 Metodología Eberhart y Russell

Carballo (1970) estimó el rendimiento promedio de grano y los parámetros de estabilidad en híbridos y variedades mejoradas de maíz, emplearon la metodología de parámetros de estabilidad propuesta por Eberhart y Russell (1966) bajo condiciones del Bajío y zonas de transición de los Valles Altos. Los resultados obtenidos indicaron:

- 1) Que la selección de variedades a través de esta metodología fué efectiva y recomendaron variedades para regiones específicas.
- 2) Es de gran utilidad para estratificar los ambientes, - en lugar de una sola región por varios años como ambiente de prueba para fines experimentales.

- 3) Existe la necesidad de obtener poblaciones mejoradas específicas para la zona de transición (Entre Bajío y Valles Altos).
- 4) Consideran que el concepto de variedad deseable debe ser definida por el mejorador de acuerdo a las características del medio ambiente de su región.
- 5) Complementar el método propuesto por Eberhart y Russell (1966), integrado en un solo índice el rendimiento promedio y los parámetros de estabilidad, facilitaría la identificación de materiales deseables en diferentes etapas del mejoramiento.

- Por último complementa dicha metodología, al integrar en un cuadro que hace más comprensible y fácil la identificación de materiales sobresalientes de acuerdo a sus valores de "Bí" y " S^2 di" CUADRO 1.

Joppa, Lebsock y Bush (1971) utilizaron el modelo de Eberhart y Russell para estudiar variedades del cultivo del trigo. Estos autores consideraron la desviación sobre la regresión como una medida de la interacción genotipo-ambiente. Ellos concluyeron que cada variedad tiene su valor de regresión, así como también la desviación de esta regresión (S^2 di), y utilizaron el término interacción específica (variedad-ambiente) -

CUADRO 1. DESCRIPCION DE MATERIALES DE ACUERDO A SUS PARAMETROS DE ESTABILIDAD. CARBALLO (1970).

CATEGORIA	B_i	$S d^2 i$	DESCRIPCION
a	$= 1$	$= 0$	Variedad estable
b	$= 1$	> 0	Buena respuesta en todos los ambientes, inconsistente.
c	< 1	$= 0$	Responde mejor en ambiente desfavorable, consistente.
d	< 1	> 0	Responde mejor en ambientes desfavorables, inconsistente.
e	> 1	$= 0$	Responde mejor en buenos ambientes, consistente.
f	> 1	> 0	Responde mejor en buenos ambientes, inconsistente.

como una causa específica se hace presente, tal como el ataque de patógenos; ellos encontraron además gran influencia del ataque de roya sobre la estabilidad de las variedades.

Palomo Gil y Prado Martínez (1975) trabajando en la Comarca Lagunera con siete variedades de algodón y cuatro ambientes en los que prevalecían diferentes grados de infestación en verticillium, al utilizar la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966) y modificada por Carballo (1970) encontraron que la variedad "Acalá 5701 W" mostró mejores características de adaptación y más rendimiento al cambiar a diferentes ambientes.

Encontraron también dentro del material en estudio - que las variedades "Delta pine 16 y Coker 310" estaban acondicionadas a suelos con menor grado de infestación, por tanto, resultaban más inestables en su rendimiento. En su discusión mencionan que Eberhart y Russell (1966) sustentan la idea de que las desviaciones de regresión son más heredables que el coeficiente de regresión.

Castellón Olivares (1976) trabajando en la región maicera de Chihuahua, a partir de 1971 comenzó a realizar selección masal estratificada en los maíces "Perla Blanco" y "Perla Amarillo" pertenecientes a la raza "Cristalinos de Chihuahua". Las variedades en selección no mostraron diferencias significativas cuando se tomó como único parámetro de compara

ción a la media de rendimiento.

Con el propósito de identificar en las mencionadas variedades aquellos ciclos de selección que fueran más estables en su rendimiento ó sea menos afectada por los cambios ambientales, se establecieron experimentos en nueve ambientes (Localidad-año) de la región maicera de Chihuahua durante los años 1973-1974 y se le cuantificaron su Parámetros de Estabilidad de acuerdo a la metodología sugerida por Eberhart y Russell y modificada por Carballo y Márquez (1970).

Los resultados de aplicar dicha metodología mostraron diferencias significativas para variedades y altamente significativo para la interacción variedades por ambientes.

De los valores coeficiente de regresión, las desviaciones de regresión y el rendimiento medio, se encontró que en ambientes pobres y ricos la variedad más estable y deseable fué PBI.

Del anterior estudio se concluye que la metodología fué eficaz para el propósito que se menciona, orienta hacia los ambientes más eficaces para realizar selección, resulta más eficiente para recomendación de variedades que solo el uso de la media varietal y auxilia en la decisión del uso de determinados sistemas de selección.

Chávez Chávez (1977) estudió la respuesta de un conjunto de genotipos de avena con respecto a varios ambientes relacionados con las áreas de cultivo; a fin de conocer su comportamiento desde el punto de vista de adaptación y sensibilidad a los cambios ambientales.

Se probó un grupo de 23 variedades de avena (Avena sativa L.) en siete localidades productoras de grano.

Los parámetros de estabilidad de las variedades se determinaron que el modelo de Eberhart y Russell (1966).

De acuerdo al análisis e interpretación de los datos, se obtuvieron los resultados y 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 ($S d i^2$). Si se quiere mejorar para estabilidad el criterio de selección debe incluir la estimación de este parámetro. 2) Se considera que la alta correlación observada entre la media de rendimiento y el coeficiente de regresión puede ser debida a que la expresión de ambos depende de un mismo sistema genético ó bien, es el resultado de una selección efectuada en el mismo sentido para ambos parámetros. 3) 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. 4) La disponibilidad de agua no es un factor muy importante en la manifestación de la interacción genotipo-ambiente y existen otros factores que tienen efecto en esta interacción tales como, temperatura, suelo, fotoperíodo y otros que el hombre considera de poca importancia.

Gómez Montiel (1977) realizó un estudio para seleccionar variedades de sorgo (*Sorghum vulgare* L.), que mostrarán un alto grado de estabilidad en comportamiento. Utilizó la técnica de parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (1966).

Se probaron 230 sorgos híbridos experimentales (SHE), evaluados en seis experimentos que fueron establecidos en muy diversas y contrastantes condiciones ambientales.

Los resultados obtenidos indicaron: 1) la metodología utilizada es efectiva en caracterizar variedades por estabilidad de rendimiento; 2) En general se observó que los materiales adaptados a ambientes favorables presentaron los rendimientos más altos, los que se adaptaron a ambientes desfavorables fueron los menos rendidores y los que tuvieron una adaptación a todos los ambientes, mostraron un rendimiento intermedio; 3) En un solo año de evaluación que comprenda 2 ciclos de siembra, es posible seleccionar materiales por estabilidad, ya que la inter

acción variedad X año parece ser de menor importancia que la interacción variedad X localidad, en el cultivo de sorgo; 4)- Cuando se considera solo a una región como base del mejoramiento, los materiales obtenidos en ella presentan una alta inconsistencia al evaluarse en una amplia variación de condiciones ambientales.

Martínez Santana (1977) estudió el grado y sentido de la asociación entre II características de calidad, la asociación entre parámetros de estabilidad (μ y β) del rendimiento de grano y calidad dentro y entre caracteres, así como la identificación de genotipos ideales en su uso como testigos en la evaluación de materiales.

Se probó un grupo de 23 variedades de trigos harineros y macarroneros en 11 localidades distribuidas en el país y cada localidad estuvo representada por uno ó más ambientes constituidos éstos por fecha ó año de siembra.

Los parámetros de estabilidad varietal se determinaron por el modelo de Eberhart y Russell (1966).

Del análisis e interpretación de los datos se obtuvieron los resultados y conclusiones siguientes: a) el criterio de selección respecto al valor promedio (μ_i) y la respuesta a los cambios ambientales (β_i) dependen del tipo de variedad --

(panadera ó galletera) y de la característica de que se trate. b) Las variedades difieren en el promedio de rendimiento de -- grano y características de calidad, evidenciando amplia variabilidad genética en ambos tipos de caracteres. c) El rendimiento de grano y algunas características de calidad tienen tendencia definida a incrementar proporcionalmente a las mejoras del ambiente. d) Se considera la posibilidad de que existan mecanismos genéticos diferentes que controlan el promedio y la respuesta de las variedades a los cambios ambientales en determinadas características. e) Para la evaluación de genotipos se propone un conjunto mínimo de variedades a usarse como testigos, el cual satisface todas las características de una variedad ideal.

Córdova (1978) realizó un estudio para evaluar 16 variedades criollas de maíz colectadas en el área de Chimaltenango en el Altiplano medio de Guatemala en comparación con cuatro variedades mejoradas para dicha región. Utilizó el modelo de análisis de estabilidad de Eberhart y Russell a través de nueve localidades representativas del área.

De acuerdo con los resultados obtenidos encontró que las variedades criollas superaron a las variedades mejoradas en potencial de rendimiento y adaptación comprobadas por sus parámetros de estabilidad.

Martín del Campo y Castro Gil (1978) estimaron los parámetros de estabilidad para cuatro variedades de maíz en siete ambientes de temporal en el estado de Durango, utilizando la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966) modificada por Carballo y Márquez (1970).

Se observa en los resultados obtenidos que el híbrido H-221 responde mejor en ambientes desfavorables, pero muestra inconsistencia; no obstante, es una buena alternativa sobre el H-220, el cual rinde mejor en buenos ambientes pero baja considerablemente su rendimiento al reducir la favorabilidad ambiental y quedando en desventaja sobre el H-221 por ser más tardío que éste.

La variedad sintética VS-201 muestra consistencia y responde mejor en ambientes desfavorables al igual que VS-202 que tiene una media de rendimiento más baja, pero con la ventaja ambas de ser polinización libre.

Zapata Altamirano (1979) realizó un estudio para estimar los parámetros de estabilidad para un grupo de genotipos en cinco ambientes de temporal comprendidos en parte de los estados de Aguascalientes, Zacatecas y Jalisco.

Los parámetros de estabilidad se determinaron por el modelo de Eberhart y Russell (1966).

Los resultados indicaron que:

- a) Existieron materiales normales y materiales con alta calidad proteica que sobresalieron en todos los ambientes estudiados.
- b) Considerando como materiales deseables aquellos que tuvieron buena respuesta en todos los ambientes consistente en su comportamiento, media de rendimiento alta y precoz; Se agrupó entre los materiales normales el VS-202, VS-12E y H-221, de -- los materiales con alta calidad proteica al comp. 15 ET. X - B1. X Celaya O₂, VS-202 X B.I X Celaya O₂, Comp. 18 ET X Zac. 58 O₂ y Comp. 17 ET. X B.I. X Celaya O₂.

Cortés Acosta (1980) realizó un estudio para determinar el período de siembra de trigo en invierno en Aguasca--- lientes, por medio de la estimación de los parámetros de estabilidad utilizando el método propuesto por Eberhart y Russell.

Los resultados indican que:

- 1.- El período óptimo de siembra está comprendido del 5 al 30- de enero.
- 2.- La fecha óptima de siembra es el 24 de enero.
- 3.- La variedad más productiva, es Cajeme F-71 seguida de Anáhuac F-75, Yécora F-70 y Torim F-73
- 4.- En base a los parámetros de estabilidad estimados, la descripción de Cajeme F-71 es como sigue: es una variedad que rinde mejor en buenos ambientes pero es inconsistente.
- 5.- El resto de variedades responden bien en todos los ambientes pero también son inconsistentes.

Ibarra Pérez (1981) con el objeto de desarrollar variedades de frijol con un amplio rango de adaptación en el sureste de México, durante 1978 y 1979 se evaluaron 20 variedades y líneas de frijol por medio de 22 ensayos uniformes en 12 localidades representativas del trópico húmedo.

Con los datos promedios de rendimiento de cada variedad y de cada ambiente se aplicó el modelo estadístico para estimar los parámetros de estabilidad propuesto por Eberhart y Russell (1966).

Aunque no hubo diferencia significativa para rendimiento entre las variedades, 11 de ellas reunieron las condiciones para ser consideradas como variedades estables, de acuerdo con la metodología utilizada.

3.1.2 Metodología Plaisted

Díaz A., Arias F. y Torregroza C. (1974) realizaron un trabajo en Colombia que tuvo por objeto estudiar la estabilidad fenotípica de seis maíces mejorados de clima frío -- aplicándoseles el modelo estadístico propuesto por Plaisted (1960) y por Eberhart y Russell (1966) para la estimación de los 3 parámetros de estabilidad siguientes: a) componentes de la interacción genético-ambiental, coeficiente de regresión de los genotipos sobre los ambientes y las desviaciones de la región.

En el estudio se emplearon 9 localidades.

En el trabajo, se define como variedad ó híbrido estable, aquel que hubiera producido un valor del componente de la interacción σ^2 GL pequeño, el coeficiente de regresión, "bi" igual a uno y la desviación de la regresión, "Sij" cercana a cero.

Los resultados obtenidos indicaron que:

- 1.- La variedad ICA V.503, ICA V. 553 y Diacol H.501 originaron una estabilidad fenotípica promedio - ($b_i=1.0$); por tanto, recomendables para los buenos y malos ambientes estudiados.
- 2.- La variedad Diacol V.502, cuyo coeficiente de regresión (b_i) fué menor que la unidad (0.78), parece adaptarse bien a los ambientes desfavorables de clima frío.
- 3.- De los tres parámetros de estabilidad estudiados, el componente de la interacción, σ^2 GL y el coeficiente de regresión "bi", fueron los más adecuados en predecir el comportamiento de los seis genotipos en las localidades usadas.
- 4.- De las localidades estudiadas, Tibaitata, Valmaría y Simijaca, presentaron los factores ambientales

más óptimos para el adecuado comportamiento agronómico de los maíces mejorados ensayados.

5.- Las condiciones ecológicas que prevalecieron en Surbatá, la localidad que diera un índice ambiental cercano a cero durante el año que se hiciera este estudio, fueron tal que originaron una interacción genotipo-ambiente relativamente baja. Aparentemente los maíces mejorados, producidos hasta la fecha en Tibaitata, se comportan bastante bien en dicha Estación Agropecuaria.

6.- Obonuco fué la localidad con el índice ambiental más negativo. Esto indica que los seis genotipos probados no se comportaron bien en tal ambiente. Se requiere de mayor información para decidir si los diversos tipos de maíces producidos en Tibaitata se adaptan bien en Obonuco.

De lo contrario habría necesidad de mejorar maíces en Obonuco para las zonas frías del Departamento de Nariño.

IV MATERIALES Y METODOS

4.1 Material Genético.

El material genético utilizado en el presente estudio, lo constituyeron variedades e híbridos comerciales de maíz de ciclo precóz, intermedio y tardío; se presentan en el CUADRO 2., estos proceden de INIA y compañías particulares de semillas.

4.2 Diseño Experimental.

El diseño experimental empleado fué un bloques al azar con cuatro repeticiones para cada una de las localidades estudiadas.

En todas las localidades la unidad experimental constó de cuatro surcos de 10m. de longitud, teniendose distancia entre matas de 0.56 m y con 2 plantas por matas y una distancia entre surcos de 0.72 m

4.3 Area de trabajo y características climatológicas.

Las localidades que se utilizaron para el presente estudio son consideradas netamente de temporal y son Cd. Guzmán, Cuquio, Etzatlán, Tlajomulco, Acatic y Tepatitlán que se encuentran localizadas en la zona sur, centro y altos de Jalisco; se observan en la FIGURA 2.

CUADRO 2. RELACION DE GENOTIPOS ESTUDIADOS, MOSTRANDO SU TIPO DE CICLO Y PROCEDENCIA.

No. GENEALOGIA	Tipo de Ciclo Procedencia	
1 H-369	Tardio	INIA
2 V-370	Tardio	INIA
3 Dekalb-B-666	Tardio	DEKALB
4 H-352	Tardio	INIA
5 H-309	Intermedio	INIA
6 H-221	Precoz	INIA
7 H-366	Tardio	INIA
8 NK-B-15	Tardio	N K
9 Dekalb - B -670	Tardio	DEKALB
10 VS-201	Precoz	INIA
11 V-371	Tardia	INIA
12 H-204	Precoz	INIA
13 Compuesto Opaco Bajío	Tardio	INIA
14 Dekalb-665	Tardio	DEKALB
15 H-222	Precoz	INIA
16 VS-202	Precoz	INIA
17 VS-203	Precoz	INIA

LOCALIDADES

- 1.- Acatic.
- 2.- Cuquío.
- 3.- Tepatitlán
- 4.- Tlajomulco de Z.
- 5.- Etzatlán
- 6.- Cd. Guzmán



Fig.- 2. Ubicación geográfica de las localidades de prueba.

Las características climatológicas de las localidades utilizadas se presentan en el CUADRO 3.

4.4 Variables Observadas.

- 1.- Rendimiento por parcela útil en Kg/ha, corregido el 12% de humedad.
- 2.- Días a floración masculina, tomándose cuando el 50% de plantas se encuentran en estado de antesis.
- 3.- Altura de planta y mazorca expresada en cm y medidas desde la base de la planta hasta la punta de la espiga y de la base de la planta a la base de la mazorca principal respectivamente.

4.5 Modelo Plaisted para adaptabilidad

$$Y_{ijkl} = U + G_i + L_j + GL_{ij} + r(j)_k + e_{ijkl}$$

En donde

Y_{ijkl} = Rendimiento de la variedad i en la repetición k y localidades j .

U = Promedio general de todas las variedades en todas las localidades.

G_i = Efecto genético del genotipo i

L_j = Efecto de la localidad j

GL_{ij} = Efecto de la interacción genotipo i por localidad j .

$r(j)_k$ = Efecto de la repetición k en el ambiente j .

e_{ijkl} = Error experimental en la parcela ijk .

CUADRO 3. AMBIENTES DE PRUEBA, CON SUS CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS SEGUN GARCIA, E. (1973)

L U G A R	A.S.N.M.	PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm	TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN ° C	LONGITUD	LATITUD
ACATIC	1350	763.1		96°19'W	20°47'N
CUQUIO	1799	808.6	18.5	103°2'W	20°57'N
ETZATLAN	1250	1150.8	22.2	104°6'W	20°46'N
CD. GUZMAN	1520	731.6	20.2	103°28'W	19°41'N
TEPATITLAN	1960	881.2	19.4	102°42'W	20°43'N
TLAJOMULCO DE Z.	1567	883.4	19.1	103°49'W	20°39'N

4.6 Modelo Eberhart y Russell para estabilidad

$$Y_{ij} = U_i + B_i I_j + \delta_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Media varietal de la variedad i en el ambiente j .

($i=1,2,3,\dots, v$; $j= 1,2,3,\dots, n$).

U_i = Media de la variedad i sobre todos los medios ambientes.

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

I_j = Índice de medio ambiente, obtenido como la media de todas las variedades en el medio ambiente j menos la media general, teniendo entonces:

$$I_j = \left(\sum_i Y_{ij} / v \right) - \left(\sum_i \sum_j Y_{ij} / nv \right)$$

$$y, \sum_j I_j = 0$$

δ_{ij} = Desviación de la regresión de la variedad i en el ambiente j .

El modelo anterior define los parámetros de estabilidad que puede usarse para describir el comportamiento de una variedad en una serie de medios ambientes.

El primer parámetro de estabilidad es un coeficiente de regresión que se estima de la siguiente manera:

$$b_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$$

El análisis de varianza para los parámetros de estabilidad se presenta en el CUADRO 5. En este análisis la suma de cuadrados debidos al medio ambiente y la interacción variedades X ambientes, son divididos en ambientes (lineal), variedades X ambientes (lineal) y desviaciones del modelo de regresión.

El comportamiento de cada variedad puede predecirse utilizando los estimadores de los parámetros y estará dado por la fórmula:

$\hat{Y}_{ij} = \bar{X}_i + b_i I_j$, donde \bar{X}_i es un estimador de la media varietal μ_i . Las desviaciones $\hat{\mathcal{J}}_{ij} = (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})$ se elevan al cuadrado y se suman para preveer el estimador del parámetro de estabilidad σ^2_{di} que es:

El segundo parámetro de estabilidad y se estima como sigue:

$$s^2_{di} = \left[\sum_j \hat{\mathcal{J}}^2_{ij} / n - 2 \right] - s^2_{e/r}$$

En la cual:

$$\sum_j \hat{\mathcal{J}}^2_{ij} = \left[\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_{i.}^2}{n} \right] - (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 - \sum_j I_j^2$$

y, $s^2_{e/r}$ = Es el estimador del error conjunto (o la varianza de una variedad en el ambiente j), r es el número de repeticiones en cada ambiente j .

s^2 se calcula como un promedio ponderado, de los errores de todos los experimentos involucrados.

Mediante este modelo se puede dividir la interacción genotipo X ambiente para cada variedad en dos partes; primero, la variación debida a la respuesta (lineal) que tiene una variación en índices ambientales variados (suma de cuadrados debidos a regresión); segundo, las desviaciones inexplicables de la regresión sobre el índice ambiental.

Pruebas de Hipótesis: Las hipótesis a probar en un análisis de este tipo y la prueba de F correspondientes son:

a) Igualdad de medias, o sea ; $H_0: \mu_1 = \mu_3 = \dots = \mu_v$

Estas se prueban mediante $F = CM1/ CM3$ (CUADRO 5)

b) Igualdad de coeficientes de regresión; $H_0: \beta_1 = \beta_2 =$

$\beta_3 = \dots = \beta_v$. La F adecuada para probar esta hipótesis es $F = CM2/ CM3$.

c) Desviaciones de regresión igual a cero para cada variedad. Esta se prueba con, $F = (\sum_j \hat{J}_{ij}/n-2) / \text{error conjunto}$.

d) El coeficiente de regresión para cada variedad no es diferente de la unidad, o sea: $\beta_i = 1.0$, para $i = 1, 2, 3, \dots, v$.

La hipótesis se prueba usando el estadístico "t" como sigue:

$$t_c = \frac{b_i - 1.0}{S_{b_i}}; \text{ donde } S_{b_i} = \frac{(S^2 d_i)^{1/2}}{j I^2_j}$$

tc = t (a-2) g.l. y nivel de significancia $\alpha/2$

- e) Comparación de dos medias 0 Ho: $\mu_1 = \mu_j$, ésta se puede efectuar mediante la prueba D.M.S. (0.05) = t / 2 (g.l.) Sd;

donde:

$$Sd = \frac{(2 S^2)^{1/2}}{r} = 2 \left(\frac{\text{C.M. error combinado}}{\text{repeticiones}} \right)^{1/2}$$

4.7 Análisis Estadísticos

Se aplicaron el modelo para adaptabilidad, propuesto por Plaisted (1960) y el modelo para estabilidad, propuesto por Eberhart y Russell (1966)

- a) Para el Modelo Plaisted:

Se asume un modelo fijo para el efecto de los genotipos y un modelo al azar para el efecto de las localidades, se aplica el análisis estadístico combinado que se presenta en el CUADRO 4.

- b) Para el modelo Eberhart y Russell:

Se aplica el análisis estadístico que se presenta en el CUADRO 5.

Los resultados de los análisis estadísticos se obtuvieron por computadora en el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados de Chapingo, utilizándose el paquete S.A.S.*

4.8 Comparación de Medias.

Para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple ó multirango "Diferencia Mínima Significativa" (D. M. S.) a un nivel de significancia de 0.05

* STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM.

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL MODELO PLAISTED.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Cuadrados Medios Esperados
Localidad (L)	L-1		
Rep.en Loc.	L (r-1)		
Genotipos(G)	G-1	M1	$\sigma^2_{\epsilon+r} \sigma^2_{G1^2+rL} \leq G\bar{1}/G-1$
G X L	(G-1) (L-1)	M2	$\sigma^2_{\epsilon+r} \sigma^2_{GL^2}$
Error	L (G-1) (r-1)	M3	σ^2_e
Total	LGR - 1		

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL MODELO EBERHART Y RUSSELL.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Total	nv-1	$\sum_j \sum_i Y_{ij}^2$ - F.C.	
Variedad (V)	v-1	$\frac{1}{n} \sum_i Y_i^2$ - F.C.	C.M.1
Ambientes (A)	$n-1$ $(v-1)(n-1)$ $\left\{ \begin{array}{l} v(n-1) \end{array} \right.$	$\sum_j \sum_i Y_{ij}^2 - \sum_i Y_i^2 / n$	
Ambiente (Lineal)	1	$\frac{1}{v} \left(\sum_j Y_{.jIj} \right)^2 / \sum_j I_j^2$	
VXA (Lineal)	v-1	$\sum_i \left\{ \left(\sum_j Y_{ijIj} \right)^2 / \sum_j I_j^2 \right\} - \text{S.C. ambiente (lineal)}$	C.M.2
Desviaciones ponderadas	V (n-2)	$\sum_i \sum_j d_{ij}^2$	C.M.3
Variedad I	n-2	$\left[\sum_j Y_{Ij}^2 - \frac{(Y_{I.})^2}{n} \right] - \left(\sum_j Y_{ijIj} \right)^2 / \sum_j I_j^2$	
Variedad V	n-2	$\left[\sum_j Y_{Vj}^2 - \frac{(Y_{V.})^2}{n} \right] - \left(\sum_j Y_{VjIj} \right)^2 / \sum_j I_j^2$	
Error Conjunto	$n(r-1)(v-1)$		C.M.4

V RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Comparación de Medias.

En el CUADRO 6 se muestran los rendimientos promedio de cada variedad en los 6 ambientes de prueba. Usando el valor D.M.S. de 602.48 correspondiente al 5% de probabilidad, se formaron 3 grupos de variedades de acuerdo a las medias de rendimiento respectivas. Estos grupos fueron estadísticamente: superior, igual e inferior a la media general de la población.

En el grupo de medias superiores se encuentran los genotipos 3, 1, 8, 4, que representan al 23.53% de la población.

El grupo de materiales genéticos con media igual al promedio general, lo constituyen los genotipos 14, 9, 5, 2, 11, 7, 10, 13, 6, 15, que representan el 58.82% de la población.

Finalmente, en el grupo de medias inferiores están solamente los genotipos 12, 16, 17, que representan el 17.65 % de la población.

En el CUADRO 7, se muestran los días a floración promedio de cada variedad en los 6 ambientes de prueba. Usando el valor D.M.S. de 2.47 correspondiente al 5% de probabilidad, se formaron 2 grupos de variedades de acuerdo a las medias de floración respectivas. Estos grupos fueron estadísticamente superior e inferior a la media general de la población.

CUADRO 6. RENDIMIENTO MEDIO DE 17 GENOTIPOS DE MAIZ ENSAYADOS
EN 6 AMBIENTES

No.	GENEALOGIA	RENDIMIENTO MEDIO Kg/ha
3	Dekalb-B-666	6068.34
1	H-369	6017.90
8	NK-B-15	5780.78
4	H-352	5590.03
14	Dekalb-665	5435.97
9	Dekalb-B-670	5368.08
5	H-309	5274.30
2	V-370	5249.09
11	V-371	5072.24
7	H-366	4872.32
10	VS-201	4743.58
13	Compuesto Opaco Bajio	4651.00
6	H-221	4606.52
15	H-222	4452.46
12	H-204	4128.89
16	VS-202	3716.10
17	VS-203	<u>2527.14</u>
Promedios		4909.69

D.M.S.

D.M.S.

D.M.S. al 5% = 602.48

D.M.S. al 1% = 791.77

CUADRO 7. DIAS A FLORACION PROMEDIO DE 17 GENOTIPOS DE MAIZ
ENSAYADOS EN 6 AMBIENTES

No.	GENEALOGIA	DIAS A FLORACION PROMEDIO
9	Dekalb-B-670	90.42
7	H-366	89.71
14	Dekalb-665	89.25
1	H-369	88.87
3	Dekalb-B-666	88.63
8	NK-B-15	87.50
11	V-371	87.13
4	H-352	84.21
13	Compuesto Opaco Bajío	83.88
2	V-370	83.71
5	H-309	83.21
6	H-221	64.50
15	H-222	64.13
10	VS-201	62.08
12	H-204	59.42
16	VS-202	58.42
17	VS-203	57.73
Promedios		77.79

D.M.S.

D.M.S. al 5% = 2.47

D.M.S. al 1% = 3.25

En el grupo de medias superiores se encuentran los genotipos 9, 7, 14, 1, 3, 8, 11, 4, 13, 2, 5, que representan el 64.70% de la población.

En el grupo de materiales genéticos de medias inferiores se encuentran los genotipos 6, 15, 10, 12, 16, 17, que representan el 35.30% de la población.

5.2 Análisis de Varianza para estimar los Parámetros de estabilidad. (Modelo Eberhart y Russell).

Los resultados de este tipo de análisis para las variables "rendimiento" y "floración" se presentan en los CUADROS 8 y 9. En estos cuadros se observa, por la significancia de F respectiva, que existen diferencias altamente significativas (1% de probabilidad) entre medias varietales, no habiendo para la interacción de variedades por ambiente (lineal). Esto significa que existen diferencias entre las medias de variedades, pero no existen diferencias entre los coeficientes de regresión de las variedades sobre los índices ambientales, que en otras palabras quiere decir que hay una respuesta similar del rendimiento y floración de las variedades e híbridos a los ambientes donde se efectuó la prueba.

Esto sugiere que el material genético empleado, en términos generales observa un comportamiento igual en la pendiente (las líneas de cada uno de los genotipos son paralelas), lo cual implica que se usaron materiales muy diferentes entre si

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA LA VARIABLE "RENDIMIENTO" DE 17 GENOTIPOS DE MAIZ EVALUADOS EN 6 AMBIENTES.

F de V	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	f.c.	0.05	F.t. 0.01
Total	101	148402234.60				
Variedades (V)	16	76058617.50	4753663.59	10.135 ⁺⁺	1.84	2.35
Medios Amb.(E)	85	72343617.10				
V X E	80					
E (lineal)	1	33323730.51				
V X E (lineal)	16	7124536.54	445283.53	0.949 ^{N.S.}	1.84	2.35
Desviación Conj.	68	31895350.05	469049.27	2.482		
Variedad 1	4	1236754.59	309188.65	1.636		
Variedad 2	4	2859911.59	714977.90	3.784		
Variedad 3	4	1459532.63	364883.16	1.931		
Variedad 4	4	1000730.49	250182.62	1.324		
Variedad 5	4	1267807.03	316951.76	1.677		
Variedad 6	4	2122580.41	530645.10	2.808		
Variedad 7	4	486549.44	121637.36	0.644		
Variedad 8	4	3297063.96	824265.99	4.362		
Variedad 9	4	1681187.63	420296.91	2.224		
Variedad 10	4	4132480.65	1033120.16	5.467		
Variedad 11	4	1406584.68	351646.17	1.861		
Variedad 12	4	2617815.72	654453.93	3.463		
Variedad 13	4	934473.74	233618.44	1.236		
Variedad 14	4	4112307.08	1028076.80	5.440		
Variedad 15	4	814573.71	203643.43	1.078		
Variedad 16	4	1294825.27	323706.32	1.713		
Variedad 17	4	1170171.45	292542.86	1.548		
Error Conjunto	288	54424079.56	188972.50			

++ Altamente significativo al nivel 0.01
 + Significativo al nivel 0.05

CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD PARA LA VARIABLE "FLORACION" DE 17 GENOTIPOS DE MAIZ EVALUADOS EN 6 AMBIENTES.

F de V	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F.c.	F.t. 0.05	0.01
Total	101	23516.4246324				
Variedades (V)	16	16431.3308824	1026.9581801	113.983 ⁺⁺	1.84	2.35
Medios ambientes (E)	85	7085.0937500				
V X E	80					
E (Lineal)	1	6272.8069853				
V X E (Lineal)	16	199.6215218	12.4763451	1.385 ^{N.S.}	1.84	2.35
Desviación Conj.	68	612.6652429	9.0097830	2.827		
Variedad 1	4	83.9060237	20.9765059	6.581		
Variedad 2	4	18.7255559	4.6813890	1.469		
Variedad 3	4	28.6239543	7.1559886	2.245		
Variedad 4	4	37.9663378	9.4915845	2.978		
Variedad 5	4	70.5521881	17.6380470	5.534		
Variedad 6	4	23.7502169	5.9375542	1.863		
Variedad 7	4	59.0671573	14.7667893	4.633		
Variedad 8	4	22.6312093	5.6578023	1.775		
Variedad 9	4	25.4327980	6.3581995	1.995		
Variedad 10	4	13.8518290	3.4629573	1.087		
Variedad 11	4	4.7623200	1.1905800	0.374		
Variedad 12	4	98.3135235	24.5783809	7.712		
Variedad 13	4	35.8735509	8.9683877	2.814		
Variedad 14	4	15.3141937	3.8285484	1.201		
Variedad 15	4	9.0843645	2.2710911	0.713		
Variedad 16	4	36.2813432	9.0703358	2.846		
Variedad 17	4	28.5286770	7.1321693	2.238		
Error Conjunto	288	917.9117647	3.1871936			

++ Altamente significativo al nivel 0.01

+ significativo al nivel 0.05

en cuanto a las variables rendimiento y floración pero con --
respuesta similar en los ambientes de prueba.

Quizá la no significancia estadística para la interacción genotipo-ambiente del análisis conjunto en la metodología Eberhart y Russell puede deberse a que los materiales que se utilizaron en este estudio se comportaron bastante bien en los ambientes evaluados.

Sobre este mismo aspecto, Romo (1977) y Juárez (1977) reportan también como no significativa la interacción de genotipos por ambientes (lineal). Juárez (1977), menciona que la no significancia puede deberse a una reducida heterogeneidad ambiental, para esto una mayor variabilidad en los ambientes de prueba puede ser la causa de que las variedades tiendan a diferenciarse con más intensidad y por lo tanto pudiera detectarse diferencias significativas en los análisis de varianza.

En este análisis se obtienen los valores de (b_i) y $(S^2 d_i)$ para cada variedad (i) , los cuales se presentan en los CUADROS 10 y 11. En los mismos se indica la significancia de (b_i) y $(S^2 d_i)$ para probar las hipótesis $(b_i=1.0)$ y $(S^2 d_i = 0)$, respectivamente.

Para la variable "rendimiento" se encontró que todos los Coeficientes de Regresión son estadísticamente iguales a la -

CUADRO 10. RENDIMIENTO MEDIO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD ESTIMADOS PARA 17 GENOTIPOS DE MAIZ ENSAYADOS EN 6 AMBIENTES.

No. DE GE NOTIPOS	RENDIMIENTO MEDIO Kg/ha	COEFICIENTES DE REGRESION bi	DESVIACIONES DE LA REGRESION s ² di
3	6068.34	1.507569	175910.66
1	6017.90	1.717479	120216.15
4	5590.03	1.481596	61210.12
9	5368.08	1.052568	231324.41
5	5274.30	0.858394	127979.26
11	5072.23	1.135553	162673.67
7	4782.31	1.424336	-67335.14
13	4651.00	0.558050	44645.94
15	4452.46	0.372784	14670.93
16	3716.10	0.522559	134733.82
17	2527.14	0.263520	103570.36
8	5780.78	0.660984	635293.49++
14	5435.97	0.695471	839104.27++
2	5249.09	1.889229	526005.40++
10	4743.58	0.831423	844147.66++
6	4606.52	1.120727	341672.60++
12	4128.89	0.907759	465481.43++

+, ++, Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

CUADRO 11. DIAS A FLORACION PROMEDIO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD ESTIMADOS PARA 17 GENOTIPOS DE MAIZ ENSAYADOS EN 6 AMBIENTES.

No. DE GENOTIPOS	DIAS A FLORACION PROMEDIO	COEFICIENTES DE REGRESION b_i	DESVIACIONES DE LA REGRESION $s^2_{d_i}$
14	89.25	1.168496	0.641355
3	88.63	1.017771	3.968795
8	87.50	1.095702	2.470609
11	87.13	1.113900	-1.996614
2	83.71	1.116780	1.494195
6	64.50	0.854223	2.750361
15	64.13	0.902073	-0.916103
10	62.08	0.955822	0.275764
17	57.33	0.679869	3.944976
7	89.71	0.9955751	11.579596++
1	88.88	1.124472	17.789312++
4	84.21	1.081658	6.304391++
13	83.88	1.170563	5.781194++
5	83.21	1.067838	14.450853++
12	59.42	0.634166	21.391187++
16	58.42	0.735396	5.883142++
9	90.42	1.285519++	3.171006

+, ++, Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

unidad, pero para la variable "floración" se encontró solamente un coeficiente de Regresión (genotipo 9) estadísticamente diferente a la unidad.

Respecto a los valores de las Desviaciones de Regresión para las variables "rendimiento" y "floración" se formaron dos grupos: el primero, será aquel donde $S^2_{di} = 0$ y el segundo, para las $S^2_{di} > 0$

Para la variable "rendimiento" en el primer grupo, se encuentran los genotipos 3, 1, 4, 9, 5, 11, 7, 13, 15, 16 y 17, en el segundo los genotipos 8, 14, 2, 10, 6 y 12.

Para la variable "floración" en el primer grupo, se encuentran los genotipos 14, 3, 8, 11, 2, 6, 15, 10, 17 y 9. En el segundo los genotipos 7, 1, 4, 13, 5, 12 y 16.

De acuerdo con el concepto de Eberhart y Russell (1966), de definir a una variedad como estable la que tiene un Coeficiente de Regresión igual a la unidad ($b_i = 1$) y desviaciones de la línea de regresión tan pequeñas como sea posible -- ($S^2_{di} = 0$) y tomando en consideración las situaciones posibles de dichos parámetros propuestas por Carballo (1970), los materiales estudiados quedan descritos en los Cuadros 12 y 13.

CUADRO 12. DESCRIPCION DE LOS MATERIALES ESTUDIADOS (VARIABLE RENDIMIENTO) DE ACUERDO A LOS VALORES OBTENIDOS DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD. CARBALLO (1970)

No. DE GENOTIPOS	SITUACION	DESCRIPCION
3	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
1	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
4	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
9	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
5	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
11	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
7	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
13	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
15	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
16	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
17	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
8	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero inconsis- tente.
14	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon- sistente.
2	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon- sistente.
10	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon- sistente.
6	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon- sistente.
12	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon- sistente.

CUADRO 13. DESCRIPCION DE LOS MATERIALES ESTUDIADOS (VARIABLE FLORACION) DE ACUERDO A LOS VALORES OBTENIDOS DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD. CARBALLO (1970)

No. DE GENOTIPOS	SITUACION	DESCRIPCION
14	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
3	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
8	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
11	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
2	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
6	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
15	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
10	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
17	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Variedad ó híbrido estable
7	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon--sistente.
1	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon--sistente.
4	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos los ambientes pero incon--sistente.
13	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon--sistente.
5	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon--sistente.
12	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon--sistente.
16	$b_i = 1.0 \quad S^2 \quad d_i > 0$	Buena respuesta en todos - los ambientes pero incon--sistente.
9	$b_i > 1.0 \quad S^2 \quad d_i = 0$	Respuesta mejor en buenos-ambientes y consistente.

5.3 Interacción Genotipo-ambiente (Modelo Plaisted)

Los análisis combinados de varianza para las variables - rendimiento y floración de los 17 genotipos probados en 6 localidades se presentan en los Cuadros 14 y 15.

Para la variable rendimiento se encontraron diferencias estadísticas significativas, ya sea al cinco ó al uno por --- ciento de probabilidad para las localidades, genotipos y la - interacción genotipo X localidad y solamente al cinco por --- ciento de probabilidad para repeticiones.

Para la variable floración se encontraron diferencias estadísticas significativas, al cinco ó al uno por ciento de probabilidad para las localidades, genotipos y la interacción genotipo X localidad.

Como para la variable rendimiento y floración, la interacción genotipo X localidad resultó altamente significativa - procedió a realizar los 17 análisis combinado de varianza para cada una de las variedades, excluyendo en cada uno un genotipo diferente, en las seis localidades evaluadas, para estimar la contribución individual de dichos genotipos, Cuadros - 16 y 17.

CUADRO 14. ANALISIS COMBINADO DE VARIANZA (VARIABLE RENDIMIENTO) PARA 17 GENOTIPOS DE MAIZ, EVALUADOS EN 6 AMBIENTES.

Fuentes de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F.c.	F.t.	F.t.
					0.05	0.01
Ambientes	5	133294922.03	26658984.41++	35.268	2.22	3.04
Repeticiones	18	26519617.05	1473312.06+	1.949	1.62	1.95
Variedades	16	304234470.01	19014654.38++	25.155	1.65	2.01
Var,X Amb.	80	156079546.36	1950994.33++	2.581	1.31	1.46
Error	288	217696318.25	755889.99			
Total	407	837824873.70				

+, ++, Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

CUADRO 15. ANALISIS COMBINADO DE VARIANZA (VARIABLE FLORACION)
PARA 17 GENOTIPOS DE MAIZ, EVALUADOS EN 6 AMBIENTES

Fuentes de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F.c.	F.t. 0.05	F.t. 0.01
Ambientes	5	25091.23	5018.25++	393.626	2.22	3.04
Repet.(amb)	18	282.10	15.73	1.234	1.62	1.95
Variedades	16	65725.32	4107.83++	322.214	1.65	2.01
Var. X Amb.	80	3249.15	40.61++	3.186	1.31	1.46
Error	288	3671.65	12.75			
Total	407	98020.45				

+, ++, Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

CUADRO 16. ANALISIS COMBINADOS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE "RENDIMIENTO" EXCLUYENDO SIMULTANEAMENTE UN GENOTIPO DIFERENTE EN CADA UNO DE ELLOS, EN LAS 6 LOCALIDADES ESTUDIADAS.

Fuentes de Variación	G.L.	1	2	3	4	5	6
CUADRADOS MEDIOS EXCLUYENDO LOS GENOTIPOS							
Localidades (L)	5	22952833.5869 * *	22522369.7620 * *	23597121.0410 * *	23653123.6656 * *	25600292.1645 * *	24819724.4598 * *
Repet. en Localidades	18	1432687.0968 *	1162327.6648	1508623.4900 * *	1446877.2987 *	1454291.1300 *	1305368.6461 *
Genotipos (G)	15	18194489.6498 * *	20086472.1482 * *	18000109.8267 * *	19495423.4465 * *	20056295.3124 * *	20126048.6291 * *
G X L	75	1953796.9552 * *	1831165.5580 * *	1969736.8704 * *	1998589.4683 * *	2006990.8182 * *	1959162.0586 * *
Error	270	746402.8275	721431.4782	763913.3788	762221.6600	783103.1604	732490.9794
Total	383						

* Significancia al nivel del 0.05 de probabilidad.

** Significancia al nivel del 0.01 de probabilidad.

CUADRO 16. ANALISIS COMBINADOS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE "RENDIMIENTO" EXCLUYENDO SIMULTANEAMENTE UN GENOTIPO DIFERENTE EN CADA UNO DE ELLOS, EN LAS 6 LOCALIDADES ESTUDIADAS

Fuente de Variación	G.L.	7	8	9	10	11	12
CUADRADOS MEDIOS EXCLUYENDO LOS GENOTIPOS							
Localidad (L)	5	23801918.6517 * *	26330198.2560 * *	25010266.8427 * *	25828935.4178 * *	24737798.4525 * *	25542785.9250 * *
Repet.en Localidades	18	1128777.6172 *	1637412.1100 * *	1163831.4146	1501662.4600 *	1414514.6231 *	1508993.8971 *
Genotipos(G)	15	20254716.6426 * *	18992343.5030 * *	19925096.4471 * *	20235388.0105 * *	20237380.3017 * *	19245892.6448 * *
G X L	75	2033488.4968 * *	1881460.5043 * *	1985486.3618 * *	1843730.0390 * *	1999313.1294 * *	1931772.6218 * *
Error	270	689327.9575	758528.6685	728348.7296	782608.0931	731224.8100	785526.6269
Total	383						

* Significancia al nivel del 0.05 de probabilidad.

** Significancia al nivel del 0.01 de probabilidad.

CUADRO 16. ANALISIS COMBINADOS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE "RENDIMIENTO" EXCLUYENDO SIMULTANEAMENTE UN GENOTIPO DIFERENTE EN CADA UNO DE ELLOS, EN LAS 6 LOCALIDADES ESTUDIADAS

Fuente de Variación	G.L.	13	14	15	16	17
CUADRADOS MEDIOS EXCLUYENDO LOS GENOTIPOS						
Localidad (L)	5	26542785.9250 * *	26260623.4804 * *	27137266.1667 * *	26675315.5687 * *	27512337.6700 * *
Repet. en Localidades	18	1440720.9540 *	1491681.9436 * *	1644242.4488 * *	1523274.4936 * *	1563595.6369 * *
Genotipos (G)	15	20168534.4382 * *	19811448.9678 * *	19926894.3789 * *	17860385.3273 * *	10632204.7093 * *
G X L	75	2006411.1719 * *	1837728.6381 * *	1991202.8669 * *	1982366.6741 * *	1954501.3398 * *
Error	270	775581.7357	761424.0881	754281.4281	780378.9189	793335.3554
Total	383					

* Significancia al nivel del 0.05 de probabilidad.
 ** Significancia al nivel del 0.01 de probabilidad

CUADRO 17. ANALISIS COMBINADOS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE "FLORACION" EXCLUYENDO SIMULTANEAMENTE UN GENOTIPO DIFERENTE EN CADA UNO DE ELLOS, EN LAS 6 LOCALIDADES ESTUDIADAS.

Fuentes de Variación	G.L.	1	2	3	4	5	6
CUADRADOS MEDIOS EXCLUYENDO LOS GENOTIPOS							
Localidades (L)	5	4654.0500 **	4655.2979 **	4714.0000 **	4676.8666 **	4686.6166 **	4810.6984 **
Repet. en Localidades	18	18.9305	16.8593	19.0344	16.3263	15.5972	18.3012
Genotipos (G)	15	4172.6750 **	4322.0777 **	4181.9937 **	4311.5861 **	4331.7194 **	4081.5734 **
G X L	75	38.2433	41.9756	41.6933	41.0311	39.2277	41.5317
Error	270	11.6638	12.6149	13.1327	13.4060	13.4046	12.5604
Total	383						

* Significancia al nivel del 0.05 de probabilidad.

** Significancia al nivel del 0.01 de probabilidad.

CUADRO 17. ANALISIS COMBINADOS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE "FLORACION" EXCLUYENDO SIMULTANEAMENTE UN GENOTIPO DIFERENTE EN CADA UNO DE ELLOS, EN LAS 6 LOCALIDADES ESTUDIADAS.

Fuentes de Variación	G.L.	7	8	9	10	11	12
		CUADRADOS MEDIOS EXCLUYENDO LOS GENOTIPOS					
Localidad (L)	5	4728.5166 **	4667.8546 **	4557.2651 **	4749.8651 **	4656.2875 **	4946.4213 **
Rept. en Localidades	18	15.0000	15.9661	10.5338	15.6588	13.3107	13.2473
Genotipos (G)	15	4140.0777 **	4221.2984 **	4110.5137 **	3962.4720 **	4233.4437 **	3808.0053 **
G X L	75	39.9744	42.8480	40.1762	42.4962	42.7808	34.9524
Error	270	13.2351	13.1254	11.3709	13.3884	13.2552	11.7529
Total	383						

* Significancia al nivel del 0.05 de probabilidad.

** Significancia al nivel del 0.01 de probabilidad.

CUADRO 17. ANALISIS COMBINADOS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE "FLORACION" EXCLUYENDO SIMULTANEAMENTE UN GENOTIPO DIFERENTE EN CADA UNO DE ELLOS, EN LAS 6 LOCALIDADES ESTUDIADAS.

Fuentes de Variación	G.L.	13	14	15	16	17
CUADRADOS MEDIOS EXCLUYENDO LOS GENETIPOS						
Localidades (L)	5	4624.6875 **	4624.8671 **	4781.5000 **	4882.3776 **	4915.3713 **
Repet. en Localidades	18	15.4201	9.0529	16.8072	16.7526	17.5946
Genotipos (G)	15	4318.6750 **	4158.2984 **	4064.3937 **	3743.8470 **	3670.5053 **
G X L	75	40.6808	41.8605	42.6066	39.8020	39.5624
Error	270	13.1053	10.7548	13.2776	13.3211	13.3594
Total	383					

* Significancia al nivel del 0.05 de probabilidad.

** Significancia al nivel del 0.01 de probabilidad.

Se observó en los cuadros anteriores diferencias altamente significativas para el componente de la interacción genotipo X localidad, cuando se excluyeron cada uno de los 17 genotipos.

A partir del componente de la interacción, se calculó el componente σ^2_{GL} para cada uno de los genotipos omitidos. Cuadros 18 y 19. Los valores de mayor magnitud, indican una menor contribución a la interacción G X L de los genotipos excluidos, lo cual significa mayor estabilidad fenotípica en las localidades evaluadas.

En el CUADRO 18, se muestran los valores estimados de la "Componente σ^2_{GXL} " de cada uno de los análisis combinados para la variable rendimiento cuando se eliminan cada uno de los 17 genotipos.

En el CUADRO 19, se muestran los valores estimados de la "Componente σ^2_{GXL} " de cada uno de los análisis combinados para la variable floración cuando se eliminan cada uno de los 17 genotipos.

Estos valores indican que los genotipos estudiados presentaron diferente respuesta en estabilidad para las variables rendimiento y floración en los ambientes evaluados.

CUADRO 18. VALORES ESTIMADOS DE LA COMPONENTE σ_{GXA} DE CADA UNO DE LOS ANALISIS COMBINADOS CUANDO SE ELIMINAN CADA UNO DE LOS 17 GENOTIPOS, PARA LA VARIABLE " RENDIMIENTO "

No. DE GENOTIPO OMITIDO	GENEALOGIA	RENDIMIENTO MEDIO Kg./ha	VALORES ESTIMADOS DE LA COMPONENTE σ_{GXA}
7	H-366	4782.31	336040.13
11	V-371	5072.23	317022.08
9	Dekalb-B-670	5368.08	314284.41
15	H-222	4452.46	309230.36
4	H-352	5590.03	309091.95
13	Comp.Opaco Bajío	4651.00	307707.36
6	H-221	4606.52	306667.78
5	H-309	5274.30	305971.91
1	H-369	6017.90	301848.53
3	Dekalb-B-666	6068.34	301455.87
16	VS-202	3716.10	300496.94
17	VS-203	2527.14	290291.50
12	H-204	4128.89	286561.50
8	NK-B-15	5780.78	280732.96
2	V-370	5249.09	277433.52
14	Dekalb-665	5435.97	269076.14
10	VS-201	4743.58	265280.49

CUADRO 19. VALORES ESTIMADOS DE LA COMPONENTE σ_{GXA} DE CADA UNO DE LOS ANALISIS COMBINADOS CUANDO SE ELIMINAN CADA UNO DE LOS 17 GENOTIPOS, PARA LA VARIABLE -- "FLORACION".

No. DE GENOTIPO OMITIDO	GENEALOGIA	DIAS A FLORACION PROMEDIO	VALORES ESTIMADOS DE LA COMPONENTE σ_{GXA}
14	Dekalb-665	89.25	7.776
11	V-371	87.13	7.381
2	V-370	83.71	7.340
15	H-222	64.13	7.332
10	VS-201	62.08	7.277
6	H-221	64.50	7.243
9	Dekalb-B-670	90.42	7.201
8	NK-B-15	87.50	7.181
3	Dekalb-B-666	88.63	7.140
4	H-352	84.21	6.906
13	Comp.Opaco Bajío	83.88	6.894
7	H-366	89.71	6.685
1	H-369	88.88	6.645
16	VS-202	58.42	6.620
17	VS-203	57.33	6.551
5	H-309	83.21	6.456
12	H-204	59.42	5.800

Posteriormente a esto se debiera realizar una prueba de significancia entre los valores obtenidos, pero (Rodríguez - Peña 1981) la prueba de rango múltiple de los estimados de la componente de varianza de la interacción genotipo-medio ambiente ($\hat{\sigma}^2_{GXA}$), presenta varias dificultades teóricas:

En primer lugar la distribución exacta de los mismos (estimadores) es desconocida y ciertamente no normal, posiblemente muy complicada.

En segundo lugar tomar como varianza el error conjunto del análisis combinado donde intervienen todos los genotipos en estudio es erróneo, puesto que se están manejando diferentes variables aleatorias, es decir, rendimiento (R) y estimadores de varianza de la interacción mencionada ($\hat{\sigma}^2_{GXA}$).

Por lo que a nuestros valores estimados no les debemos realizar prueba de significancia, ya que para realizarla, -- uno de los supuestos es que la variable aleatoria (Componente $\hat{\sigma}^2_{GXA}$) debe distribuirse normalmente $\sigma_{GXA} \sim N(\bar{x}, \sigma^2)$, y este supuesto no se cumple.

Si no existe normalidad (N) la prueba de significancia no es válida.

Se observa que los genotipos que son descritos como estables para la variable rendimiento por Eberhart y Russell 3, 1, 4, 9, 5, 11, 7, 13, 15, 16, 17, son los que tienen una menor

contribución a la interacción $G \times A$ ó sea que tienen los mayores valores de la componente σ^2_{GXA} en los análisis combinados cuando se eliminan cada uno de los 17 genotipos según Plaisted, pero esta metodología nos dice que los genotipos que Eberhart y Russell describe como estables tienen diferente estabilidad entre ellos en el siguiente orden de mayor a menor 7, 11, 9, 15, 4, 13, 6, 5, 1, 3, 16 y 17. Solamente el genotipo 6 se encuentra fuera del grupo estable según Eberhart y Russell, mientras que ocupa la séptima posición en estabilidad de acuerdo con Plaisted.

Los genotipos 8, 14, 2, 10 y 12 que Eberhart y Russell describe con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes son los que tienen una mayor contribución a la interacción $G \times A$ ó sea que tienen los menores valores de la componente σ^2_{GXA} en los análisis combinados cuando se eliminan cada uno de los 17 genotipos según Plaisted; igualmente esta metodología nos dice que los genotipos que Eberhart y Russell describe con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes tienen diferente estabilidad entre ellos en el siguiente orden de mayor a menor 12, 8, 2, 14 y 10.

Solamente el genotipo 6 se encuentra dentro del grupo con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente según Eberhart y Russell y como se anota anteriormente ocupa la séptima posición en estabilidad de acuerdo con Plaisted.

Se observa que los genotipos que son descritos como estables para la variable floración por Eberhart y Russell 14, 3, 8, 11, 2, 6, 15 y 10, son los que tienen una menor contribución a la interacción $G \times A$ ó sea que tienen los mayores valores de la componente σ^2_{GXA} en los análisis combinados cuando se eliminan cada uno de los 17 genotipos según Plaisted, -- pero esta metodología nos dice que los genotipos que Eberhart y Russell describe como estables tienen diferentes estabilidad entre ellos en el siguiente orden de mayor a menor 14, 11, 2, 15, 10, 6, 9, 8 y 3. Solamente el genotipo 9 se encuentra fuera del grupo estable según Eberhart y Russell, mientras que -- ocupa la séptima posición en estabilidad de acuerdo con Plaisted; además, el genotipo 17 se encuentra dentro del grupo estable según Eberhart y Russell, mientras que ocupa la quinceava posición en estabilidad de acuerdo con Plaisted.

Los genotipos 7, 1, 4, 13, 5, 12 y 16, que Eberhart y Russell describe con buena respuesta en todos los ambientes -- pero inconsistentes son los que tienen una mayor contribución a la interacción $G \times A$ ó sea que tienen los menores valores de la componente σ^2_{GXA} en los análisis combinados cuando se eliminan cada uno de los 17 genotipos según Plaisted; igualmente esta metodología nos dice que los genotipos que Eberhart y Russell describe con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes tienen diferente estabilidad entre ellos -- en el siguiente orden de mayor a menor 4, 13, 7, 1, 16, 5 y 12.

Solamente el genotipo 9 se encuentra descrito con respuesta mejor en buenos ambientes y consistente según Eberhart y Russell y como se anotó antes ocupa la séptima posición en estabilidad de acuerdo con Plaisted.

VI CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos al evaluar los genotipos en los diferentes medios ambientes por medio de las metodologías, se llega a las siguientes conclusiones:

- 1.- Las variedades e híbridos evaluados difieren estadísticamente en el promedio de rendimiento y días a floración, demostrando amplia variabilidad genética para los dos tipos de caracteres.
- 2.- Se considera la probabilidad de que existan mecanismos genéticos diferentes que controlan el promedio de rendimiento de grano y días a floración y la respuesta de las variedades e híbridos a los cambios ambientales.
- 3.- Se detectó que la no significancia para la interacción genotipo X ambiente al utilizar el modelo Eberhart y Russell puede ser debida a una reducida heterogeneidad ambiental, por lo que una menor uniformidad en los ambientes de prueba ayudaría a que las variedades e híbridos se diferencien con más intensidad y pudieran así detectarse diferencias significativas en los análisis de varianza.

- 4.- Se considera necesario realizar estudios posteriores comparando estas dos metodologías, utilizando genotipos y ambientes contrastantes y resultados de varios años, para ver si así se detecta significancia estadística en la interacción genotipo-ambiente del análisis conjunto de la metodología Eberhart y Russell.
- 5.- Se considera que la prueba $\beta_i = 1$ no es una prueba verdadera, ya que al realizar las operaciones respectivas para saber el valor que se le debe de asignar a β_i este resulta ser $\beta_i = 0$; pero en la práctica es muy común utilizar $\beta_i = 1$ y obtener buenos resultados.
- 6.- Ante la necesidad de determinar la significancia estadística en estabilidad para las variedades e híbridos estudiados por el modelo Plaisted y la imposibilidad de poder utilizar una prueba de rango múltiple para realizarla, situa a esta metodología en desventaja con la metodología de Eberhart y Russell.
- 7.- Al utilizar el modelo de Eberhart y Russell nos proporciona la adaptabilidad y la estabilidad de los materiales estudiados por medio de los parámetros β_i y S^2_{di} respectivamente, mientras que al utilizar el modelo Plaisted solo nos proporciona la estabilidad

de los mismos por medio de los valores estimados de la componente σ^2_{GXA} .

8.- Por lo general los genotipos que son descritos como estables por Eberhart y Russell son lo que tienen mayor estabilidad según Plaisted y los que se describen con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes por Eberhart y Russell son los que tienen menor estabilidad según Plaisted, por lo que se considera que las dos metodologías nos proporcionan resultados similares con los inconvenientes mencionados en 5 y 6.

9.- Considerando que la siguiente recomendación solo es válida para las localidades evaluadas ó para aquellas que tengan condiciones ambientales similares y de acuerdo a los valores \bar{X}_i , b_i , S^2_{di} y σ^2_{GXA} para las variables rendimiento y floración de los 17 genotipos evaluados se puede recomendar:

a) Los genotipos 3, 1, 4, 9, 5, 11, 7, 13, 15, 16 y 17 para las localidades más deficientes (de las evaluadas) por ser estables y la elección entre ellos se basará en sus medias de rendimiento y floración.

b) Los genotipos 8, 14, 2, 10, 6 y 12 para las localidades que tengan un temporal normal por responder bien en todos los ambientes pero ser inconsistentes y la elección entre ellos se basará en sus medias de rendimiento y floración.

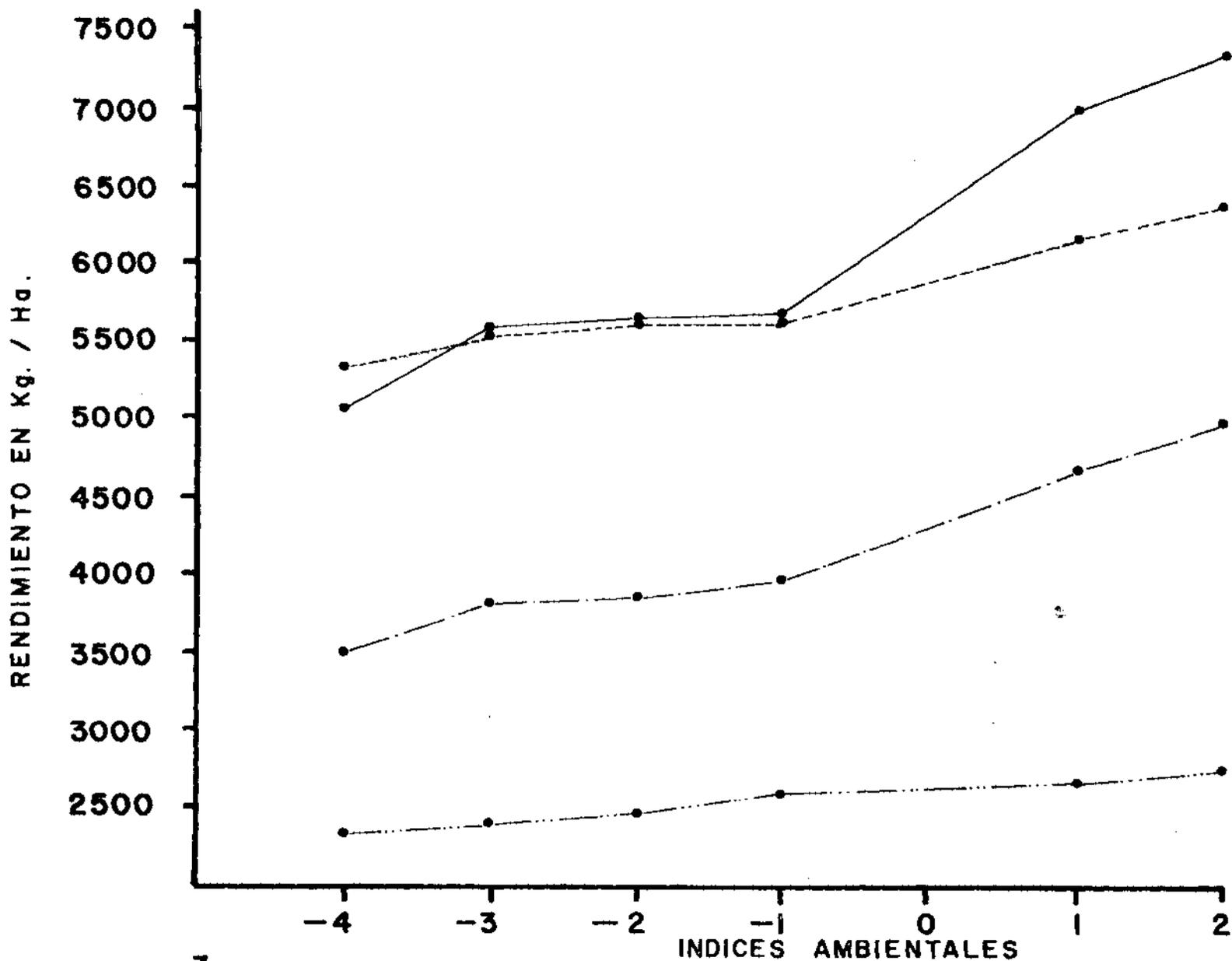
VII. APENDICE

CUADRO 1A. INDICES AMBIENTALES PARA LA VARIABLE "RENDIMIENTO"
EN LOS 6 AMBIENTES DE PRUEBA.

No.	LOCALIDAD	INDICE AMBIENTAL
1	Cuquio	932.78924
2	Tlajomulco de Zuñiga	-256.48635
3	Cd. Guzmán	-338.63899
4	Etzatlán	-277.19546
5	Tepatitlán	-674.82576
6	Acatic	614.35733

CUADRO 2A. INDICES AMBIENTALES PARA LA VARIABLE "FLORACION"
EN LOS 6 AMBIENTES DE PRUEBA.

No.	LOCALIDAD	INDICE AMBIENTAL
1	Cuquio	8.69853
2	Tlajomulco de Zuñiga	-7.59559
3	Cd. Guzmán	-5.83088
4	Etzatlán	-5.12500
5	Tepatitlán	12.88970
6	Acatic	-3.03676



3 _____
 8 - - - - -
 12 - · - -
 17 ······

FIG. 3. COMPORTAMIENTO EN RENDIMIENTO DE ALGUNOS GENOTIPOS EN DIFERENTES AMBIENTES

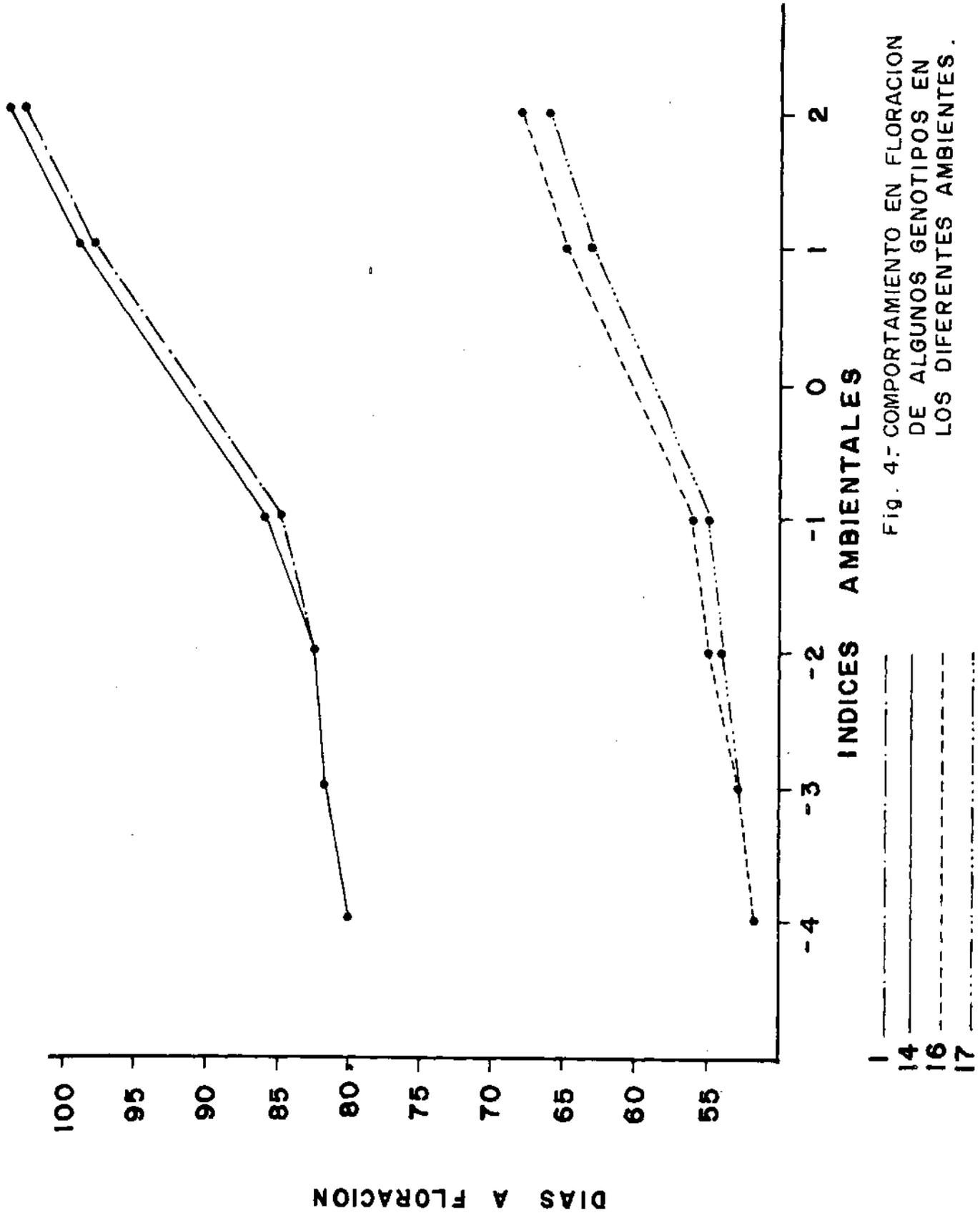


Fig. 4.- COMPORTAMIENTO EN FLORACION DE ALGUNOS GENOTIPOS EN LOS DIFERENTES AMBIENTES.

- 14 ———
- 16 - - - -
- 17 - · - · -

VIII BIBLIOGRAFIA

- ALLARD, R.W. and A.D. BRADSHAW. 1964. Implications of genotype environmental interactions in applied plant breeding. - *Crop.Sci.* 4: 503-507.
- CARBALLO C, A. 1970. Comparación de variedades de maíz de el Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, ENA. Chapingo, México.
- CARBALLO C, A. y M. Livera M. 1979. Ventajas y limitaciones del uso de parámetros de estabilidad en el mejoramiento genético. X Reunión de la ALCA. 22-28 de abril. Acapulco, México. (Resúmenes).
- CASTELLO O, J.J. 1973-74. Uso de parámetros de estabilidad como criterio de selección en maíces cristalinos de la Sierra de Chihuahua. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- CHAVEZ CH, J. 1977. Estabilidad del rendimiento de grano de avena (Avena sativa L.) en diferentes agrupaciones ambientales. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, ENA. Chapingo, México.
- COCHRAN, W.G. y G.M. COX. 1970. Diseños Experimentales. Editorial Trillas. México.
- CORDOVA, H. 1978. Uso de parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de variedades criollas de maíz (Zea mays L.) en Chimaltenango. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Guatemala, C. A.

- CORTES A, S. 1980. Parámetros de estabilidad en la determinación del período óptimo de siembra de trigo (Triticum aestivum L.) de invierno en Aguascalientes. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal.
- DIAZ C, A., ARIAS E, F. y TORREGROZA M. C. Respuesta ambiental de seis variedades de maíz de clima frío. Departamento de Agronomía. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. IX Reunión de ALAF, 10-16 de marzo de 1974. Panamá.
- DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA Y METEOROLOGIA. SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. Normales Climatológicas, Período 1941-1970. México, 1976.
- EBERHART, S. A. and W. A. RUSSELL. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6:36-40.
- FINLAY, R. W. and G. N. WILKINSON. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. --- Res.*, 14:742-754.
- FREEMAN, G. H. and J. M. PERKINS. 1971. Environmental and genotype-environmental components of variability. VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. *Heredity.* 27:15-23.
- FRIPP, Y. J. 1972. Genotype-environmental interactions in Shizophyllum commune. II. Assessing the environment. *Heredity* 28:223-238.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2^a ed. México. Dirección General de Publicaciones. 123, 125, 126, 129 pags.

- GOLDSWORTHY, P. 1974. Adaptación del maíz. In: El mejoramiento del maíz a nivel mundial en la década del setenta y el papel del CIMMYT (Memoria). El Batán, México. pp. 6-1-6-51.
- GOMEZ M,N. 1977. Estabilidad del rendimiento y delimitación de áreas del cultivo de sorgo para grano en México. Tesis-M.C. Colegio de Postgraduados, ENA. Chapingo, México.
- IBARRA P, F.J. 1981. Parámetros de estabilidad para evaluar la adaptación de variedades de frijol en la región tropical del Sureste de México. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- INGENIERIA AGRONOMICA. Volúmen II. # 15. Abril 1981 Pag. 77.
- JOPPA, L.R.,L.K. LEBSOK and R.H. BUSH. 1971 Yield stability of selected spring wheat cultivars (Triticum aestivum L. - em Thell) in the Uniform Regional Nurseries, 1959 to -- 1968. Crop Sci. 11:238-241.
- JOWETT,D. 1972. Yield stability parameters for sorghum in East Africa. Crop. Sci. 12:314-317.
- JUAREZ E,R. 1977. Interacción genotipo-medio ambiente en la -- selección y recomendación de híbridos de sorgo para gra no. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, México.
- KIKUCHI, F,K. KUMAGAI and S. SUSUKI. 1975. Evaluation of adapta bility by Finlay and Wilkinson's method. In: Adaptabili ty in plants. Ed. T. Matsuo. JIBP Synthesis 6:17-35.

- LIVERA M,M. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de sorgo (Sorghum bicolor L.) Moench) tolerantes al frío.- Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, México.
- LERNER, I.M. 1954 Genetic Homeostasis. Oliver and Boyd, Edimburg.
- LOPEZ H,A. 1978. Selección y evaluación de genotipos de maíz - en condiciones limitantes para aumentar la producción y el rango de adaptación. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- MARQUEZ S, F. 1974. El problema de la interacción genético-ambiental en Genotecnia Vegetal. Chapingo, México. Editorial PATENA, ENA.
- MARTIN DEL CAMPO V, S. y M. CASTRO G.1978. Parámetros de estabilidad para cuatro variedades de maíz y siete ambientes de temporal en el estado de Durango. Durango, México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- MARTINEZ S,J.J. 1977. Correlaciones y parámetros de estabilidad en rendimiento y calidad de trigo. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados de Chapingo, ENA. Chapingo, México.
- MILLER,P.A.,J.C. WILLIAMS and H.F. ROBINSON. 1959. Variety X environment interactions in cotton variety test and their implications on testing methods Agron. Jour. 51: 132-134.
- OSTLE,B. 1977. Estadística Aplicada. México Editorial LIMUSA.

- PALOMO, G. Y M. PRADO 1975. Estimación de los parámetros de estabilidad y su aplicación en investigación en el cultivo del algodónero. Comarca Lagunera. Mexico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- PLAISTED, R.L. 1960. A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. Amer. Potato Jour. 37:166-172.
- SCOTT, E.G. 1967. Selecting for Stability of Yield in maize. - Crop. Sci. 7:549-551
- VARELA, A.J.D. y J. FRANCO D. 1974. Adaptabilidad de variedades promisorias de trigo. IX Reunión de ALAF. Panamá, - Marzo de 1974 (Mimeografiado).
- ZAPATA A, R.J. 1979. Evaluación de variedades de maíz en base a estabilidad de rendimiento y calidad proteica. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de -- Guadalajara, Jalisco, México.