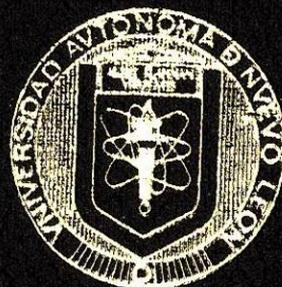


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



PARAMETROS DE ESTABILIDAD EN TRES
CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ
[*Zea mays* L.]

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

ANDRES FELICIANO GAMEZ CASTILLO

MARIN, N. L.

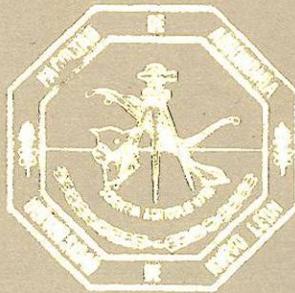
AGOSTO DE 1984.

T
SB191
.M2
G35
c.1



1080060631

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



PARAMETROS DE ESTABILIDAD EN TRES
CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ
(*Zea mays* L.)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

ANDRES FELICIANO GAMEZ CASTILLO

MARIN, N. L.

AGOSTO DE 1984.

T
SB191
•M2
G35

040 633
FA 15
1984



Biblioteca Central
Magna Solis UPAJ
F. Tesis



FONDO
TESIS LICENCIATURA

PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20
GENOTIPOS DE MAIZ (*Zea mays* L.)

TESIS QUE COMO REQUISITO PARCIAL PRESENTA, ANDRES FELICIANO
GAMEZ CASTILLO, PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONO-
MO FITOTECNISTA.

COMISION REVISORA

ASESOR PRINCIPAL:



ING. M.C. MAURILIO MARTINEZ RODRIGUEZ

ASESOR AUXILIAR:



ING. LUIS A. MARTINEZ ROEL

FECHA: AGOSTO DE 1984.

A MI MADRE:

SRA. MA. DEL CARMEN C. DE GAMEZ

Con honor, respeto y amor; que por su ejemplo para superarse en la vida me ha enseñado al sacrificio y en creer en sí mismo lo que uno puede ser capaz. Es un humilde tributo a su esfuerzo.

A MI ESPOSA: ALICIA

Que con su confianza y cariño influyó para terminar el presente trabajo.

AL ING. LUIS A. MARTINEZ ROEL

Que por su profesionalismo y apoyo
desinteresado me a orientado en mi
carrera. Con respeto.

AL ING. M.C. MAURILIO MARTINEZ RODRIGUEZ

Por su amistad y que con su orienta-
ción, dirección y seriedad brindada
fue posible la culminación de este
trabajo. Con admiración.

A MIS HERMANOS:

J. FRANCISCO ANTONIO

MA. DE LA LUZ

DELFINO

MA. DEL CARMEN

MA. CONCEPCION

ROSA MA. VIRGINIA

LUPITA

ENRIQUE

Con todo cariño y respeto.

AGRADECIMIENTOS

AL CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL DE GENERAL TERAN.

Que con el apoyo que se me brindó se culminó el presente trabajo.

AL ING. RODOLFO GARCIA GUTIERREZ.

Que con su apoyo, confianza y sus facilidades obtenidas, influyó para el término del presente trabajo.

A LOS COMPAÑEROS DE TRABAJO DEL CAMPO AUXILIAR "LA ASCENCION"

ING. CARLOS SALAZAR TOBIAS
ING. ARNALDO MARTINEZ PEÑA
ING. JUAN MARTINEZ MEDINA
ING. PEDRO MORALES MORALES
T.A. HUMBERTO RESENDEZ SOTO
T.A. JOSE VAZQUEZ PEREZ

Que juntos hemos aprendido grandes experiencias en el Sur de Nuevo León.

AL ING. JORGE CANTU VEGA.

Por su ayuda y confianza que me ha brindado desinteresadamente.

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA U.A.N.L.

Por darme los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera de estudios.

A MARIA ELENA GARCIA G. Y AURELIA GARZA DE RAMOS

Por la ayuda brindada al escribir el presente trabajo.

INDICE GENERAL

	PAGINA
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	3
Descripción de la zona.....	3
Interacción genotipo-ambiente.....	13
Conceptos de interacción genotipo-ambiente.....	17
Interacción genotipo-ambiente y parámetros de es- tabilidad.....	21
Algunos estudios relacionados con la adaptabili- dad.....	30
MATERIALES Y METODOS.....	37
Materiales.....	37
Métodos.....	44
RESULTADOS.....	54
Rendimiento de grano.....	54
Días a floración.....	59
Altura de planta.....	64
DISCUSION.....	69
Rendimiento de grano.....	73
Días a floración.....	79
Altura de planta.....	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84

PAGINA

RESUMEN.....	86
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	88
APENDICE 1	91
APENDICE 2	119

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PAGINA
1	CLASIFICACION DE VARIETADES DE CEBADA POR SU ADAPTABILIDAD CON LOS PARAMETROS: MEDIA (μ) Y REGRESION LINEAL (β), CON SU RESPECTIVA DESCRIPCION (SEGUN FINLAY Y WILKINSON, 1963)....	25
2	PRECIPITACION Y TEMPERATURA EN MARIN, N.L., DURANTE EL CICLO VERANO 1978.....	38
3	PRECIPITACION Y TEMPERATURA EN GENERAL TERAN, N.L., DURANTE EL CICLO VERANO 1978.....	39
4	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD (β_i Y $S^2_{d_i}$) DE EBERHART Y RUSSELL (1966).....	51
5	SITUACIONES POSIBLES QUE PUEDEN TOMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE EBERHART Y RUSSELL (1966), SEGUN CARBALLO Y MARQUEZ (1970).....	53
6	ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE GRANO (kg/parcela).....	55
7	CONCENTRACION DE RENDIMIENTOS MEDIOS VARIETALES POR AMBIENTE DE PRUEBA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE EBERHART Y RUSSELL.....	56
8	RENDIMIENTO PROMEDIO VARIETAL DE LAS CUATRO LOCALIDADES, PARAMETROS DE ESTABILIDAD, SIGNIFICANCIA ESTADISTICA Y CLASIFICACION.....	58
9	ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE DIAS A FLORACION.....	60
10	CONCENTRACION DE MEDIAS VARIETALES DE DIAS A FLORACION POR AMBIENTE DE PRUEBA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE EBERHART Y RUSSELL.....	61
11	PROMEDIO POR VARIEDAD DE DIAS A FLORACION EN LAS CUATRO LOCALIDADES, PARAMETROS DE ESTABILIDAD, SIGNIFICANCIA ESTADISTICA Y CLASIFICACION.....	63
12	ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE ALTURA DE PLANTA (cm).	65

CUADRO

PAGINA

13	CONCENTRACION DE PROMEDIOS VARIETALES PARA ALTURA DE PLANTA (cm) POR AMBIENTE DE PRUEBA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE EBERHART Y RUSSELL.....	66
14	ALTURA PROMEDIO (cm) POR VARIEDAD EN LAS CUATRO LOCALIDADES, PARAMETROS DE ESTABILIDAD, SIGNIFICANCIA ESTADISTICA Y CLASIFICACION....	67
15	CONCENTRACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD OBTENIDOS PARA LOS CARACTERES EN ESTUDIO, ASI COMO LA CLASIFICACION (SEGUN CARBALLO Y MARQUEZ, 1970) PARA CADA VARIEDAD.....	82
APENDICE 1		
16	CONCENTRACION DE RENDIMIENTO (kg/parcela) PROMEDIO DE 22 VARIEDADES EN CUATRO AMBIENTES DE PRUEBA.....	92
17	INTERPRETACION DE LOS DATOS SIMBOLIZANDO LOS RESULTADOS UTILIZADOS EN EL ANALISIS.....	93
18	ANALISIS DE VARIANZA APROPIADO PARA LA ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD.....	94
19	ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE GRANO (kg/parcela).....	104
20	VALORES DE F CALCULADA Y F TABLAS PARA CADA UNA DE LAS VARIEDADES EVALUADAS CON SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 0.01 Y 0.05 CON SU RESPECTIVA PRUEBA.....	110
21	VALORES DE F CALCULADA Y F TABLAS PARA CADA UNA DE LAS VARIEDADES EVALUADAS CON SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 0.01 Y 0.05 CON SU RESPECTIVA PRUEBA.....	112
22	RENDIMIENTO MEDIO, PARAMETROS DE ESTABILIDAD, SIGNIFICANCIA ESTADISTICA Y CLASIFICACION DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS.....	113
23	COMPARACION DE MEDIAS DEL CARACTER RENDIMIENTO DE GRANO (kg/parcela) DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS.....	116

APENDICE 2

CUADRO	PAGINA
24 SIGNIFICANCIA DE LOS CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS TRES CARACTERES EN ESTUDIO. EXPERIMENTO 1, MARIN, N.L.....	119
25 SIGNIFICANCIA DE LOS CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS TRES CARACTERES EN ESTUDIO. EXPERIMENTO 2, MARIN, N.L.....	120
26 SIGNIFICANCIA DE LOS CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS TRES CARACTERES EN ESTUDIO. EXPERIMENTO 1, GENERAL TERAN, N.L.....	121
27 SIGNIFICANCIA DE LOS CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS TRES CARACTERES EN ESTUDIO. EXPERIMENTO 2, GENERAL TERAN, N.L.....	122
FIGURA	
1 LOCALIZACION DE LAS ZONAS MORFOLOGICAS INTERMEDIAS EN EL ESTADO DE NUEVO LEON.....	4
2 CUENCAS HIDROLOGICAS DE LA ZONA DEL PIEDMONT Y RIOS PRINCIPALES.....	8
3 DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE CLIMA PREDOMINANTES EN EL ESTADO DE NUEVO LEON.....	10
4 ADAPTABILIDAD DE VARIEDADES DE CEBADA DE ACUERDO A LA MEDIA (μ) Y EL COEFICIENTE DE REGRESION (β), SEGUN FINLAY Y WILKINSON (1963).....	24
5 LINEAS DE REGRESION DE SIETE CLASES DE VARIEDADES DE CEBADA, FINLAY Y WILKINSON (1963).....	26
6 PRECIPITACION (mm) OCURRIDA EN MARIN, N.L. DURANTE EL CICLO VERANO 1978 Y DISTRIBUCION POR PRECOCIDAD DE GENOTIPSO DEL EXPERIMENTO 1.....	71
7 PRECIPITACION (mm) OCURRIDA EN MARIN, N.L., DURANTE EL CICLO VERANO 1978 Y DISTRIBUCION POR PRECOCIDAD DE GENOTIPOS DEL EXPERIMENTO 2.....	72
8 PRECIPITACION (mm) OCURRIDA EN GENERAL TERAN, N.L., DURANTE EL CICLO VERANO 1978 Y DISTRIBUCION POR PRECOCIDAD DE GENOTIPOS DEL EXPERIMENTO 1.....	74

FIGURA		PAGINA
9	PRECIPITACION (mm) OCURRIDA EN GENERAL TERAN, N.L., DURANTE EL CICLO VERANO 1978 Y DISTRIBUCION POR PRECOCIDAD DE GENOTIPOS DEL EXPERIMENTO 2.....	75
10	TENDENCIA DE COMPORTAMIENTO DE CINCO VARIETADES DE MAIZ EVALUADAS EN CUATRO AMBIENTES Y SUS SITUACIONES DISTINTAS SEGUN CARBALLO Y MARQUEZ.....	118

INTRODUCCION

En muchos estudios que se realizan para la evaluación de materiales genéticos en varias localidades, con el objetivo de encontrar los mejores en cuanto a rendimiento unitario, por lo general no se toma en cuenta a la interacción genético-ambiental.

Se sabe que las investigaciones sobre el problema de la interacción genotipo-ambiente son relativamente recientes. Una de las finalidades que se persigue con lo anterior es encontrar genotipos que tengan una estabilidad mayor, es decir, que su comportamiento sea semejante en los distintos ambientes de una zona ecológica.

Considerando que falta información sobre el comportamiento de variedades de maíz (*Zea mays* L.) en los diferentes ambientes que comprenden las Zonas Bajas del Estado de Nuevo León, se pensó necesario efectuar un estudio sobre la interacción genotipo-ambiente.

El trabajo fue efectuado dentro del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo para las Zonas Bajas del Estado de Nuevo León, que desarrolla la Facultad de Agronomía de la UANL.

Los objetivos del presente estudio fueron:

- 1) Evaluar la producción de grano, la precocidad y la altura de planta de 20 variedades de maíz en dos localidades.

- 2) Conocer los materiales por su estabilidad (en los tres caracteres), de acuerdo con los parámetros de Eberhart y Russell (1966).
- 3) Identificar las variedades que ofrezcan el mejor rendimiento en ambientes buenos, y aquellas que tengan una producción buena en ambientes malos.

Para lo anterior se plantearon las hipótesis siguientes:

- 1) Las variedades comerciales no difieren en cuanto a rendimiento de grano, precocidad y altura de planta de las variedades experimentales en los ambientes de prueba.
- 2) No existen diferencias entre las variedades evaluadas respecto a su estabilidad.

LITERATURA REVISADA

Descripción de la zona

Ubicación

El Estado de Nuevo León se encuentra situado dentro de la zona morfológica del noreste de los Estados Unidos Mexicanos. Su posición geográfica está determinada por los paralelos $23^{\circ} 10' 27''$ y $27^{\circ} 46' 06''$ de latitud norte y los meridianos $98^{\circ} 26' 24''$ y $101^{\circ} 13' 56''$ de longitud oeste (Hernández, 1972).

Morfología

La zona morfológica del noreste de México comprende tres grandes regiones que son: Planicie Costera del Golfo, Sierra Madre Oriental y Altiplanicie Mexicana (Mesa del Norte). Se considera que entre la Planicie Costera del Golfo y la Sierra Madre Oriental existen otras dos zonas morfológicas intermedias, siendo éstas la zona de la Planicie de las Capas del Terciario y la zona del Piedmont o zona de Serranías y Cerros, al oriente y pie de la Sierra Madre (Mullerried, 1946).

Dentro del Estado de Nuevo León, la zona de la Planicie de las Capas del Terciario comprende desde una línea imaginaria al oriente que une a las poblaciones de Anguila, Vallecillo, Cerralvo, Los Ramones, Encinas y Trinidad, hacia el noreste del Estado (Rojas, 1965). Lo anterior se muestra en la Figura 1.

La zona del Piedmont, en la cual se establecieron los experimentos, se extiende hacia el oeste desde la línea imaginaria

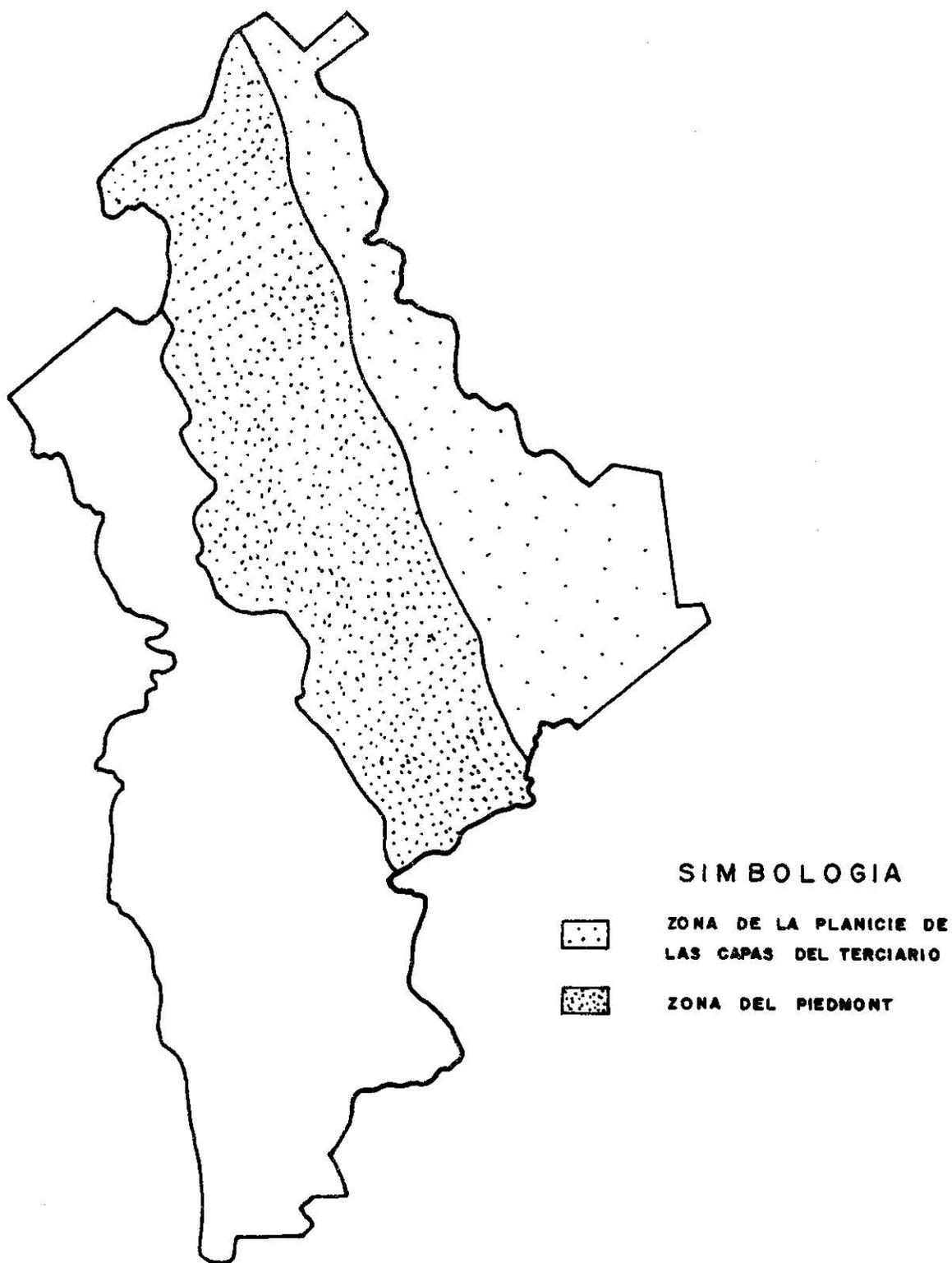


FIGURA 1. LOCALIZACION DE LAS ZONAS MORFOLOGICAS INTERMEDIAS EN EL ESTADO DE NUEVO LEON.

de la zona de la Planicie de las Capas del Terciario hasta otra línea que pasa por Lampazos, Villaldama, Monterrey, Montemorelos, Las Crucitas y Las Adjuntas, colindando al este con la Sierra Madre Oriental; tiene una anchura que varía de 60 a 70 km y presenta una superficie quebrada que se eleva gradualmente desde los 200 y 250 msnm hasta los 350 y 550 msnm (Rojas, 1965; Palau, 1977). Dicha zona se presenta en la Figura 1.

Dentro de la zona del Piedmont se encuentran los municipios de:

- | | |
|----------------------|------------------------------|
| 1. Allende | 13. Hualahuises |
| 2. Apodaca | 14. Juárez |
| 3. Cadereyta | 15. Lampazos |
| 4. Ciénega de Flores | 16. Linares |
| 5. Dr. González | 17. Marín |
| 6. El Carmen | 18. Montemorelos |
| 7. Garza García | 19. Monterrey |
| 8. General Escobedo | 20. Pesquería Chica |
| 9. General Terán | 21. Sabinas Hidalgo |
| 10. General Zuazua | 22. Salinas Victoria |
| 11. Guadalupe | 23. San Nicolás de los Garza |
| 12. Higuera | 24. Villaldama |

Orografía

De acuerdo con Seceñas (1977), dentro de la zona del Piedmont se encuentran serranías, cerros, mesas, mesetas y lomeríos, siendo la altura máxima de 1 200 msnm, aproximadamente.

La mayoría de las sierras situadas dentro de esta área tienen la misma dirección del gran sistema orográfico de la Sierra Madre Oriental, pudiéndose mencionar como los principales sistemas montañosos a la Sierra Madre en la parte norte del Estado, compuesta por una serie de lomeríos de escasa elevación, los lomeríos Lampazos, Sierra de la Iguana o de Minas Viejas, Sierra de Santa Clara, Sierra de Milpillas, Sierra de Picachos, Sierra de San Gregorio o Cerralvo y Sierra de Papagallos, las cuales se extienden en forma coordinada desde los municipios de Lampazos hasta el municipio de Dr. González.

En el municipio de Mina se encuentran varias sierras aisladas, entre las que figuran la Sierra de Goma, Sierra de Enmedio, Sierra de Minas Viejas y Sierra de Espinazo. Dentro de los municipios de Sta. Catarina, Villa de García y Monterrey destacan la Sierra del Fraile, Sierra del Muerto, Sierra Mulata, Cerro de las Mitras y Cerro de la Silla.

Hidrografía

Las fuentes acuíferas en la zona del Piedmont tienen origen diferente; las cuales, según García, et al. (1980) son:

- a) Ríos y corrientes superficiales
- b) Acuíferos subterráneos
- c) Lluvia captada en presas y bordos

De acuerdo con los mismos autores, enseguida se describe brevemente a los dos primeros. Los ríos que se encuentran en la

zona citada se caracterizan por su flujo errático, que es causa do principalmente por factores climáticos y topográficos; además, la Sierra Madre Oriental determina el flujo de los ríos hacia el oriente. Los de más importancia son: Río Salado, Río Sabinas, Río San Juan, Río Conchos y Río Pilón. En la Figura 2 se muestra lo anterior.

La zona del Piedmont cuenta con dos tipos principales de acuíferos subterráneos que son: los de relleno de tipo regional y los de caliza o confinados.

El mayor acuífero de relleno que se encuentra en la zona es el del área Monterrey-Linares, con una superficie estimada de 7 500 km² y una extensión de aproximadamente 150 km con dirección norte-sur entre las poblaciones mencionadas y de 50 km de ancho en dirección oeste-este. Dentro de esta área se tiene un total aproximado de 5 462 pozos, de los cuales la mayor concentración se presenta en los alrededores de la Ciudad de Monte rrey, seguido por la zona citrícola de Montemorelos-Linares y a lo largo de carreteras y ríos.

Los de tipo de caliza o confinados se encuentran a lo largo del lado oriente de la Sierra Madre Oriental. Desde el punto de vista geohidrológico, las formaciones que corresponden a estos acuíferos se encuentran encajonados por dos grandes grupos de sedimentos arcillosos que constituyen los confinantes inferior y superior de los acuíferos, de tal manera que el movimien to del agua a través de la caliza depende directamente de la

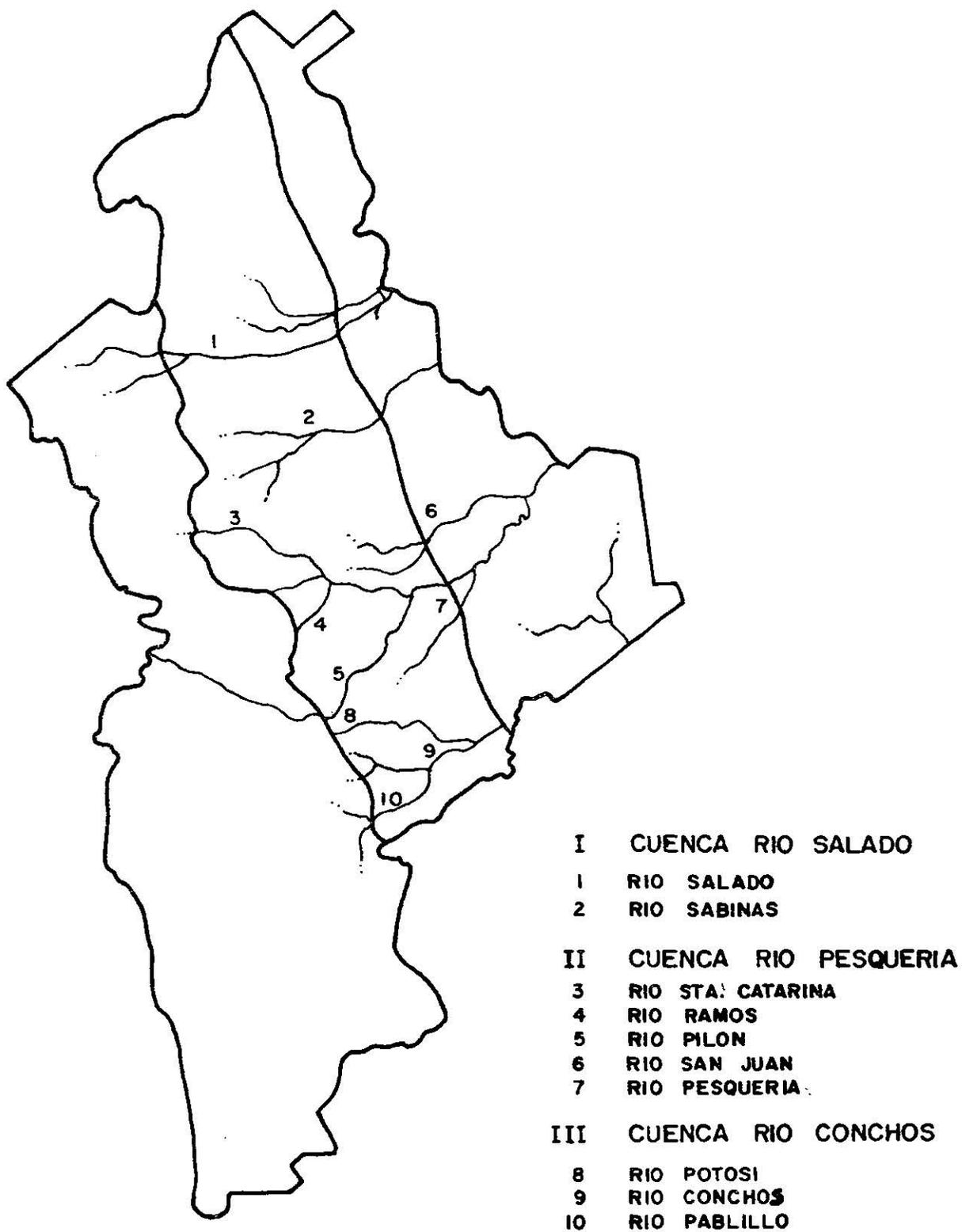


FIGURA 2. CUENCAS HIDROLOGICAS DE LA ZONA DEL PIEDMONT Y RIOS PRINCIPALES.

permeabilidad de las mismas, la cual está supeditada a su vez por la formación de cavidades de disolución y el fracturamiento de las mismas.

Este tipo de acuíferos es de poca importancia agrícola; sin embargo, son vitales para uso doméstico, principalmente de la Ciudad de Monterrey. Los principales acuíferos de este tipo son los de Mina, Buenos Aires, Cola de Caballo, La Silla, Jardines, Cerritos y Picachos.

Clima

De acuerdo con el sistema de clasificación climática de Koeppen, modificado por García (1973), la zona del Piedmont presenta en su mayor parte un clima del tipo seco estepario (BS), ocurriendo en la parte norte y oriente el subtipo BS_0 que es el más seco de los BS, y en la parte noreste, centro y sur el subtipo BS_1 que es el menos seco de los de este tipo de clima.

En la parte poniente de la zona, que colinda con la de serranías y cerros y en sentido paralelo a ésta, se presenta una faja de clima del grupo de los cálidos (A), específicamente del tipo semicálido (A)C, que es el más cálido de los templados (Rojas, 1965; García, et al., 1980). En la Figura 3 se puede apreciar la distribución de los mismos.

Suelos

Seceñas (1977) menciona que en orden de importancia, los suelos dominantes en esta zona son: los castaños (Chesnut), los

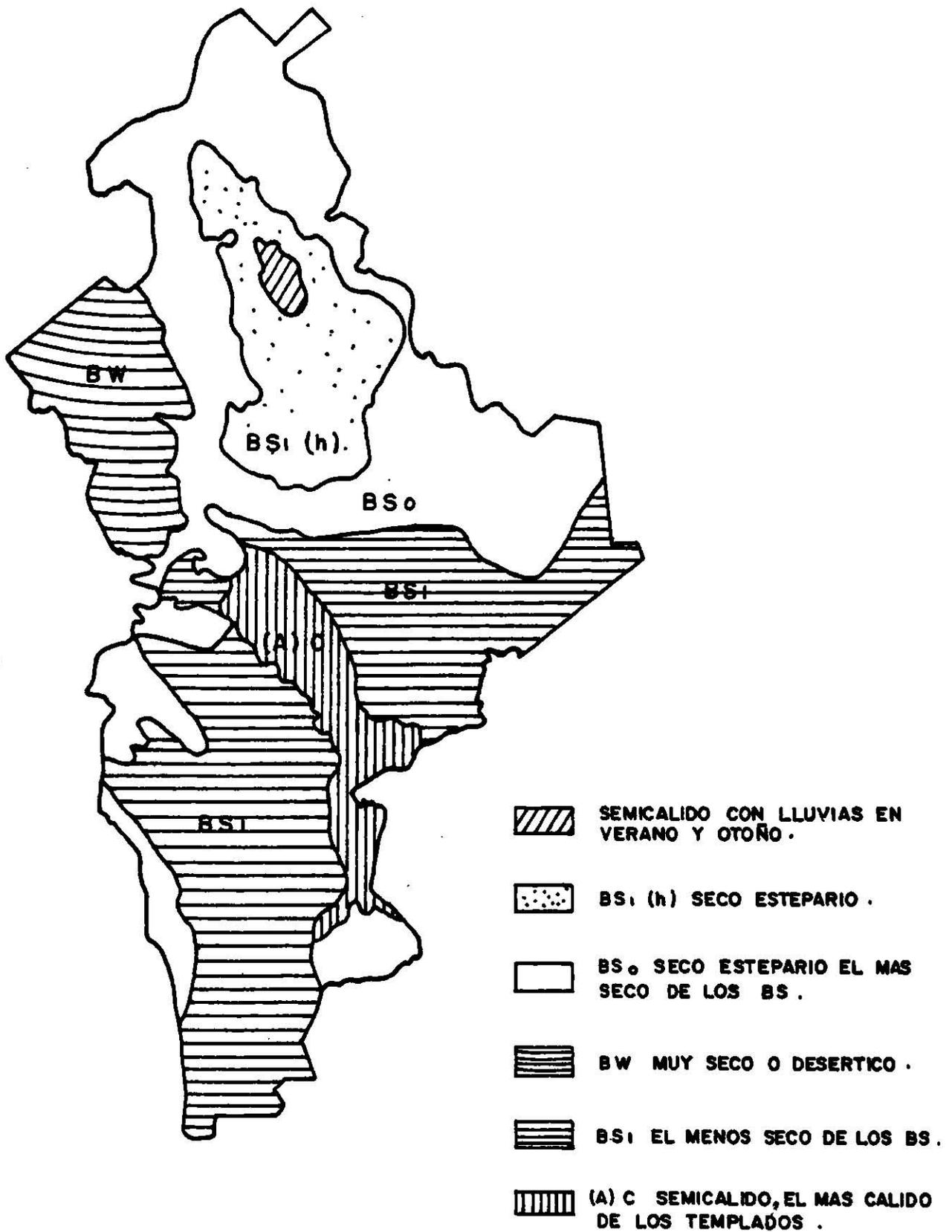


FIGURA 3. DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE CLIMA PREDOMINANTES EN EL ESTADO DE NUEVO LEON.

negros (Chernozem) y los complejos de montaña que son los semi-desérticos y los desérticos (Sierozem).

Según el citado autor, los suelos castaños abarcan gran parte del norte y oriente de la zona, son de color claro y pobres en materia orgánica.

Los suelos negros se encuentran en el centro del Estado y en la parte sur central de la zona. Su color oscuro lo determina el humus que contienen, cambiando el color a grisáceo en regiones de mayor humedad y a café grisáceo en regiones secas.

Los suelos complejos de montaña se localizan en la Sierra Madre Oriental y en los cerros y serranías al noroeste de Monterrey. Son suelos de origen podzólico, predominando los suelos café forestales, semidesérticos y desérticos; se localizan en la parte suroeste de Mina y sus alrededores. El color varía, pues existen desde el gris claro, café grisáceo, hasta el café rojizo; presentan menor cantidad de materia orgánica que los suelos castaños; sus horizontes de cal y yeso están más cercanos a la superficie, de tal manera que es posible que lleguen a endurecerse y presentarse como caliche.

Vegetación

La vegetación de la zona en cuestión está dada por los diferentes tipos de clima, así como por las características edáficas más consistentes. De acuerdo con Rojas (1965) y COTECOCA (1973), se mencionan enseguida las especies vegetales más predomi-

minantes en la región.

Chaparro prieto	<i>Acacia regionale</i>
Anacahuita	<i>Cordia boissieri</i>
Granjeno	<i>Celtis spinosa</i>
Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i>
Huajillo	<i>Acacia beriandieri</i>
Panalero	<i>Schaefferia cunelfolia</i>
Vara dulce	<i>Eysenhardtia polystachya</i>
Brasil	<i>Ondalia obovata</i>
Guayacán	<i>Porlieria angustifolia</i>
Huizache	<i>Acacia forneisana</i>
Chaparro amargoso	<i>Castela texana</i>
Calderona	<i>Krameria ramosissima</i>

Las gramíneas más comunes son:

Navajita roja	<i>Bouteloua trifida</i>
Pajita temprana	<i>Setaria macrostachya</i>
Tridente fino	<i>Tridens erogrostoides</i>
Tres barbas	<i>Aristida</i> spp.
Tridente texano	<i>Tridens tejanus</i>
Zacate temprano	<i>Setaria</i> spp.
Zacate cadillo	<i>Enchrus pauciflorus</i>

Interacción genotipo-ambiente

Componentes de la varianza fenotípica

Allard (1975) menciona el modelo fenotípico propuesto por Johansen en 1926, para describir la expresión de un carácter en un ambiente dado, el cual es:

$$F = G + A$$

donde:

F = Expresión fenotípica

G = Componente genotípico

A = Componente ambiental

Márquez (1976) indica que el modelo anterior sólo toma en cuenta los componentes ambiental y genético, sin considerar la influencia que tiene el primero sobre el segundo y viceversa. Esto último se puede expresar utilizando el mismo modelo de la expresión fenotípica, pero agregándole el componente de interacción genético-ambiental (GA), quedando el modelo de la manera siguiente:

$$F = G + A + GA$$

El mismo autor menciona que anteriormente dicha interacción no era considerada en los programas de mejoramiento de plantas, aunque ahora es imprescindible conocer dicho componente; ya que debido a sus efectos, algunos genotipos exhibirán mejores características de adaptación a determinados am-

bientes.

Para ésto, el investigador hará pruebas de adaptación llevando una población de plantas a diferentes localidades y utilizará la técnica y metodología más conveniente para estimar dicha interacción. De tal manera, podrá identificar y aprovechar al máximo los efectos positivos de interacción, eliminando los negativos.

En una población debe reconocerse que la variabilidad observada en algunos caracteres es debida principalmente a diferencias en la constitución genética de los individuos, además de las diferencias ambientales y a la interacción de ambas. Lo anterior puede expresarse como sigue:

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_A^2 + \sigma_{GA}^2$$

Donde:

$$\sigma_F^2 = \text{Varianza fenotípica}$$

$$\sigma_G^2 = \text{Varianza genotípica}$$

$$\sigma_A^2 = \text{Varianza ambiental}$$

$$\sigma_{GA}^2 = \text{Varianza de interacción genético-ambiental}$$

Heredabilidad

Si la mayor parte de la varianza fenotípica total se debe al ambiente, será muy difícil seleccionar para el carácter deseado. Por otro lado, si la variabilidad del ambiente es muy

poca con relación a la fracción heredable, la selección va a ser eficiente debido a que la característica de una población será transmitida a sus descendientes en su mayor parte (Allard, 1975).

El concepto de heredabilidad ha jugado y sigue jugando un papel muy importante en la teoría de la Genética Cuantitativa, el cual especifica la proporción de la variabilidad total que es debida a causas genéticas, o la proporción de la varianza genética sobre la varianza fenotípica total. Esto se puede expresar con la fórmula siguiente:

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \sigma_E^2}$$

Donde:

H^2 = Heredabilidad

σ_G^2 = Varianza genotípica

σ_E^2 = Varianza ambiental (Allard, 1975).

La heredabilidad se puede estimar por el método propuesto por Warner (1952) citado por Williams (1976), el cual está basado en dos proporciones:

- a) Heredabilidad genotípica (sentido amplio), la cual incluye los efectos aditivos, de dominancia y de epístasis

$$(\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2).$$

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2} \times 100$$

Donde:

H^2 = Heredabilidad genotípica

σ_G^2 = Varianza genética

σ_F^2 = Varianza fenotípica total

b) Heredabilidad genética (sentido estrecho), causada por el efecto genético aditivo.

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2} \times 100$$

donde:

h^2 = Heredabilidad genética

σ_A^2 = Varianza aditiva

σ_F^2 = Varianza fenotípica total

Estas estimaciones son utilizadas por los mejoradores de plantas y animales en los programas de selección artificial.

Si la varianza fenotípica es de naturaleza ambiental, la heredabilidad será cero y por el contrario, si es de naturaleza genética la heredabilidad tendrá un valor de 100% (Allard,

1975).

Conceptos de interacción genotipo-ambiente

Por lo general, se ha observado que el comportamiento relativo de genotipos no es de manera igual en ambientes distintos; es decir, que existe interacción del genotipo con el medio, por lo cual, surgieron varios conceptos y metodologías para poder estimar esta interacción.

Enseguida se mencionarán algunas definiciones encontradas en la revisión bibliográfica, así como también varios métodos y estudios que han contribuido para un mejor entendimiento del concepto tratado.

Comstock y Moll (1963) mencionan que hay dos factores que influyen en el desarrollo del fenotipo, siendo éstos las causas genéticas y las no genéticas, y que estos dos factores actúan conjuntamente; por lo tanto, a esta acción entre el efecto genético y el no genético se le conoce como interacción genotipo-ambiente.

Allard y Bradshaw (1964) clasifican las variaciones del ambiente en "predecibles" e "impredecibles"; la primera son las características permanentes de un ambiente como el tipo de textura de suelo, la humedad en el suelo, la topografía, tipo de agricultura; o sea aquellos caracteres que varían de una manera sistemática y que pueden ser medidos por el hombre, pudiéndose ajustar a las conveniencias de él; por ejemplo, fechas de siem-

bra, tipos y frecuencias de riego, clase de cultivo, etc.

Las "impredecibles", como su nombre lo indica, son fluctuaciones del ambiente tales como las heladas, lluvias, granizadas, tornados y otros factores climatológicos, a las que el hombre no puede modificar.

Los mismos autores denominan a una variedad como "buena amortiguadora" o con "flexibilidad" cuando puede ajustar su condición genotípica y fenotípica a condiciones transitorias del ambiente, considerando dos tipos de flexibilidad:

- 1) Flexibilidad individual, cuando cada individuo de una población tiene buena adaptación a un rango de ambientes.
- 2) Flexibilidad poblacional, se da en una población que está constituida por genotipos diferentes, cada uno con adaptación a ambientes distintos.

Lerner (1964) designa con el nombre de "homeostasis genética", a la propiedad de una población por la cual es capaz de equilibrar su actividad genética contra las variaciones fluctuantes del ambiente.

Bucio (1966) define como el mejor genotipo al que tenga el rendimiento más alto sobre un rango de ambientes y una estabilidad alta en su comportamiento. Además, entre otras cosas, dice que un ambiente es positivo cuando el comportamiento de cada ge

notipo es mejor que el promedio y el carácter considerado siempre tendrá una expresión mayor. Por el contrario, un ambiente es negativo cuando el comportamiento de cada genotipo es menor que el promedio y la selección de los mejores genotipos dependerá del tamaño relativo que tenga el efecto genético, el ambiental y la interacción genético-ambiental.

Carballo y Márquez (1970) explican que el comportamiento de una variedad en ambientes distintos puede expresarse en términos de "estabilidad", entendiéndose por una variedad estable aquella que interacciona menos con el ambiente, o sea que la varianza de sus efectos de interacción es mínima.

Voss y Hanaway (citados por Mejía, 1971) indican la importancia de efectuar las pruebas de campo en varios ambientes, en el sentido de que los factores que influyen en el rendimiento son generalmente incontrolables y porque la interacción entre los factores controlables y no controlables puede ser mal utilizada si los resultados y las conclusiones de un experimento dado se aplican en otras localidades con condiciones ambientales diferentes, ya sea en un campo adjunto, en otra localidad o en otro año.

Márquez (1976) menciona que la interacción genotipo-ambiente es el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a ambientes distintos. Además, distingue el término de estabilidad desde el punto de vista biológico y estadístico. De acuerdo con el concepto biológico, un in

dividuo estable es aquel que no cambia la manifestación de una característica determinada a pesar de que el ambiente cambia. El concepto estadístico se refiere cuando el genotipo varía en forma proporcional a los cambios del ambiente; estadísticamente tiene como características un coeficiente de regresión igual a la unidad ($\beta = 1$) y una desviación a la línea de regresión de los valores observados igual a cero ($\delta_d^2 = 0$).

Por su parte, Joppa, Lebsock y Busch (1971) definen como "interacción genotipo-ambiente específica" aquella que es debida a una causa específica tal como la susceptibilidad a un patógeno; mencionan también que las variedades pueden desviarse significativamente de la pendiente de la línea de regresión igual a uno ($\beta = 1$), por dos razones:

- 1) Una variedad puede tener un rendimiento relativamente más alto que otras variedades en ambientes desfavorables y menos rendimiento en ambientes favorables; consecuentemente, el coeficiente de regresión es menor que uno para esos materiales. Por otro lado, en aquellas variedades que sobresalen en rendimiento de las demás variedades sólo en buenos ambientes, el coeficiente de regresión es mayor que la unidad.
- 2) El rendimiento de la mayoría de las variedades puede ser reducida por un factor patógeno común a un gran número de ambientes, para lo cual la variedad en cuestión es resistente o bien una variedad puede ser susceptible para un factor patógeno mientras las demás son resistentes.

Márquez (1973) representó gráficamente los modelos fenotípicos con y sin interacción genético-ambiental. En el primer caso presentó los valores fenotípicos en función de los efectos ambientales, con lo cual se genera una línea recta con pendiente igual a la unidad. Con esta base demuestra que en el modelo con interacción, una variedad que interacciona con el ambiente debe de tener un coeficiente de regresión diferente a la unidad.

Moll y Stuber (1974) explican que un genotipo es estable si de alguna manera puede ajustar sus respuestas fenotípicas para proporcionar alguna medida de uniformidad a pesar de los cambios ambientales. Además, los mismos autores mencionan que para el fitomejorador, su significancia depende de los objetivos encauzados; si se desean variedades que se comporten bien sobre un rango de ambientes, entonces el programa es favorecido por pequeñas interacciones; si por el contrario, se desean variedades bien adaptadas a ambientes muy específicos, entonces el programa puede ser beneficiado por grandes interacciones.

Interacción genotipo-ambiente y parámetros de estabilidad

Se han propuesto diferentes metodologías para estudiar la interacción genotipo-ambiente (GA), tales como los componentes de varianza y las técnicas de regresión. Algunas metodologías se mencionan brevemente enseguida.

Se considera que la primera aproximación para identificar y cuantificar la medida de la interacción (GA), fue el trabajo de Fisher (1926), como la reportan Gómez (1977), Jiménez (1979)

y otros investigadores, quienes dicen que dicho autor adaptó para este propósito los diseños factoriales. Esta técnica, al usarse en la medición de la (GA), sirvió para identificar diferencias entre genotipos, entre ambientes y la evaluación de los efectos conjuntos. Jiménez (1979) menciona que Sprague y Federer (1951), usaron en maíz análisis similares y estimaron la magnitud relativa de los componentes de varianza: variedad X localidad y variedad X año.

Plaisted (1960) desarrolló un modelo que mide las respuestas del comportamiento de genotipos individuales; utilizó como parámetro de estabilidad la componente de interacción variedad X localidad (V X L), estimada para cada uno de los posibles pares de variedades, las cuales fueron probadas en varias localidades en un año. El promedio de estas estimaciones fue considerada como la contribución relativa de una variedad a la interacción (GA) en común. Considera como variedad estable a la que contribuye con un valor promedio pequeño a la varianza variedad X localidad.

Finlay y Wilkinson (1963) desarrollaron una técnica estadística para comparar el funcionamiento de un grupo de variedades de cebada en varias localidades y estaciones. Para cada variedad se obtuvo una regresión lineal del rendimiento sobre la media del rendimiento de todas las variedades en cada sitio y estación. En estos cálculos el rendimiento básico fue medido sobre una escala logarítmica, observándose que la relación entre el comportamiento de diferentes genotipos en varios ambientes y

alguna media de estos ambientes es frecuentemente lineal o casi lineal.

En el método usado por estos autores, la regresión lineal, además de utilizarse para describir varios tipos de adaptabilidad de las variedades a un rango de ambientes, la emplean también como una medida cuantitativa de la estabilidad fenotípica. Al ubicar a cada variedad en un plano de coordenadas usando como abscisa a la media (μ) y como ordenada a la regresión lineal (β), observaron que el conjunto de puntos que así generaba, quedaba más o menos delimitado por un triángulo isósceles, cuya base descansaba en el eje de las ordenadas; ésto se puede observar en la Figura 4. Por lo anterior se establecieron siete clases de variedades, las cuales se citan en el Cuadro 1 y se esquematizan en la Figura 5.

En base a lo anterior, la clase siete será la más deseable, pues además de tener un alto rendimiento, su estabilidad es constante ya que se comporta bien en todos los ambientes.

Eberhart y Russell (1966) propusieron un modelo que define los parámetros de estabilidad para describir el comportamiento de una variedad sobre un conjunto de ambientes.

Siendo los parámetros de estabilidad el coeficiente de regresión y el cuadrado medio de la desviación de regresión.

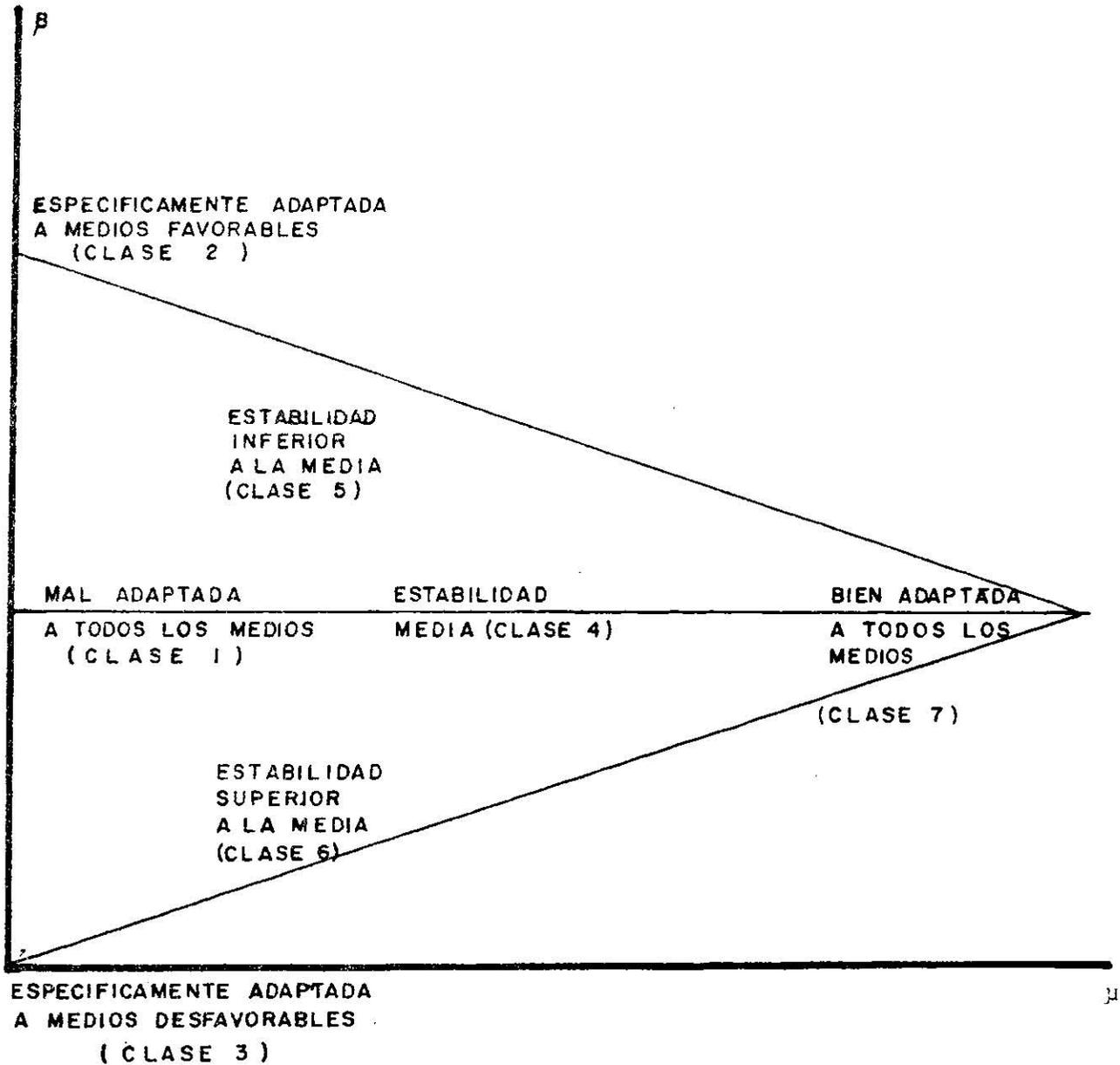


FIGURA 4. ADAPTABILIDAD DE VARIETADES DE CEBADA DE ACUERDO A LA MEDIA (μ) Y EL COEFICIENTE DE REGRESION (β), SEGUN FINLAY Y WILKINSON (1963).

CUADRO 1. CLASIFICACION DE VARIEDADES DE CEBADA POR SU ADAPTABILIDAD CON LOS PARAMETROS: MEDIA (μ) Y REGRESION LINEAL (β), CON SU RESPECTIVA DESCRIPCION (SEGUN FINLÄY Y WILKINSON, 1963).

CLASE	μ	β	DESCRIPCION
1	BAJA	= 1	MAL ADAPTADA A TODOS LOS AMBIENTES
2	BAJA	> 1	ESPECIFICAMENTE ADAPTADA A AMBIENTES FAVORABLES
3	BAJA	< 1	ESPECIFICAMENTE ADAPTADA A AMBIENTES DESFAVORABLES
4	INTERMEDIA	= 1	ESTABILIDAD MEDIA
5	INTERMEDIA	> 1	ESTABILIDAD INFERIOR A LA MEDIA
6	INTERMEDIA	< 1	ESTABILIDAD SUPERIOR A LA MEDIA
7	ALTA	= 1	BIEN ADAPTADA A TODOS LOS AMBIENTES

Estos investigadores también observaron, mediante el análisis de diversos conjuntos de datos de rendimiento de maíz en la Universidad Estatal de Iowa, que híbridos con un coeficiente de regresión menor que la unidad ($b_i < 1$) generalmente presentan un rendimiento promedio inferior a la media general y que esta variedad, en situaciones donde no se produce un excedente de grano que pueda ser almacenado o donde no haya condiciones para este almacenaje, podría ser la más deseable.

Sin embargo, con las condiciones que existen en los Esta-

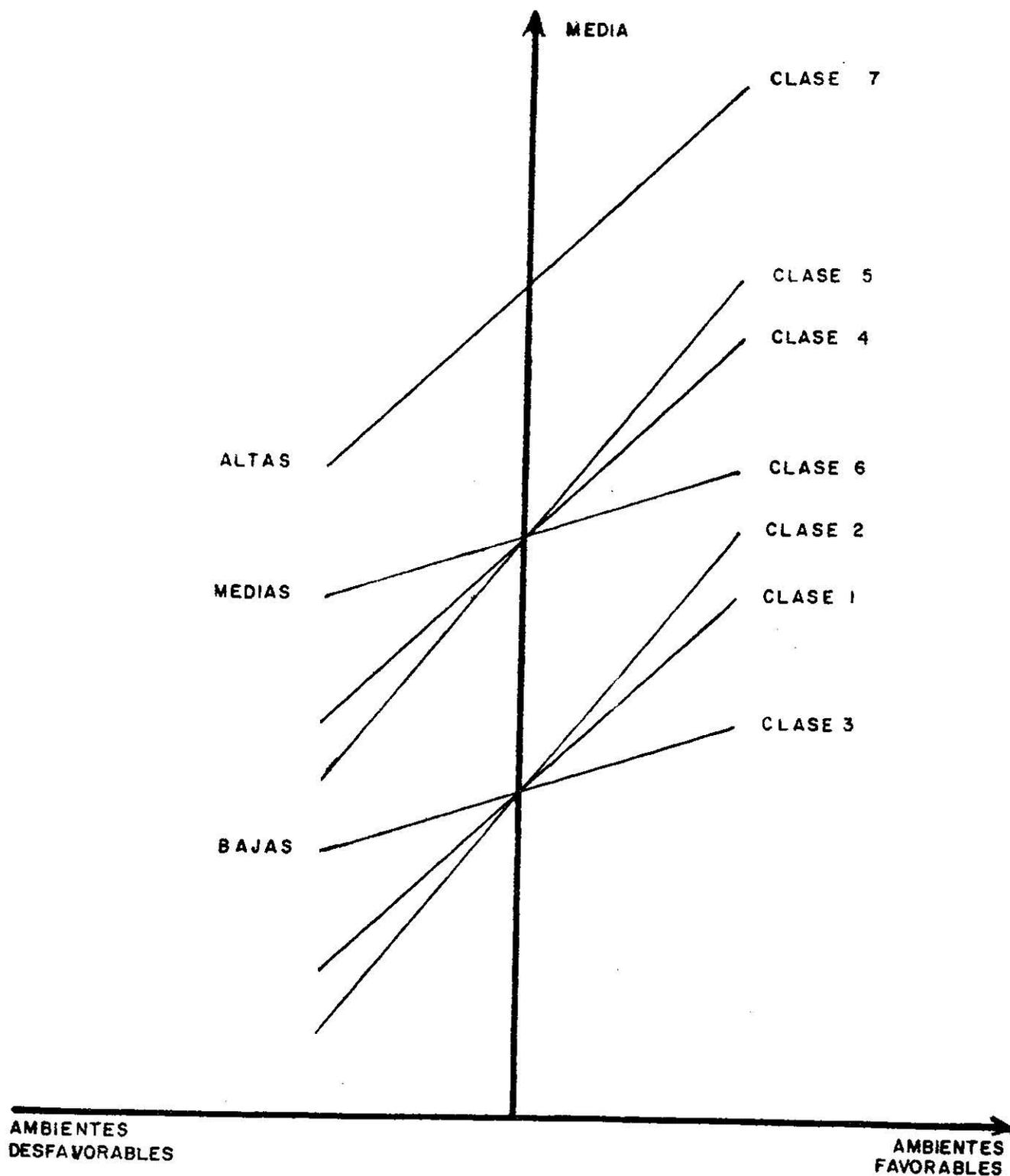


FIGURA 5. LINEAS DE REGRESION DE SIETE CLASES DE VARIEDADES DE CEBADA, SEGUN EL CUADRO 1 Y LA FIGURA 4 (ADAPTADO DE FINLAY Y WILKINSON, 1963).

dos Unidos para el maíz, el mejorador generalmente desearía una variedad que rinda sobre el promedio general en todos los ambientes, por lo cual preferiría una variedad con alto rendimiento, un coeficiente de regresión igual a la unidad ($\beta_i = 1$) y con la desviación de regresión tan pequeña como sea posible ($\delta_{d_i}^2 = 0$). Por lo tanto, en estos términos una variedad estable se define como aquella con un coeficiente de regresión igual a uno ($\beta_i = 1$) y con una desviación de la regresión igual a cero ($\delta_{d_i}^2 = 0$).

Bucio (1966) trabajando con altura de planta de dos líneas híbridas de *Nicotiana rustica* cultivadas en diferentes localidades, desarrolló un modelo para estimar los componentes de varianza genética, ambiental y de interacción de los mismos. Encontró que el efecto ambiental y el de interacción genético-ambiental (GA) están relacionados linealmente. El modelo propuesto por el autor es el siguiente:

$$Y = (d) + \beta e$$

donde:

Y = Es el carácter en estudio.

(d) = Es el valor genético y se obtiene como desviación promedio del progenitor medio general (μ).

β = Es el coeficiente de regresión.

e = Es el efecto ambiental que se obtiene como desviación de valor del progenitor medio particular respecto al progenitor medio general (μ).

Como el efecto ambiental (e) y el carácter en estudio (Y) están linealmente relacionados, β puede tomar diferentes valores:

1. $\beta > 1$, el valor absoluto de $Y > e$
2. $\beta = 1$, el valor absoluto de $Y = e$
3. $\beta < 1$, el valor absoluto de $Y < e$
4. $\beta = 0$, no hay interacción genotipo-ambiente ($Y = 0$)
y toda la variación se atribuye al ambiente. O bien $Y \neq 0$, pero el efecto de interacción (GA) no es función del ambiente.

Johnson, Shafer y Schmidt (1968) estudiaron la adaptación general de variedades de trigo de invierno por medio del análisis de regresión. El coeficiente de regresión lineal fue obtenido considerando el rendimiento individual de las variedades sobre la media del rendimiento del experimento en cada localidad y año. Consideran que esta técnica es útil para demostrar los avances o progresos de una variedad sometida a un programa de mejoramiento, en cuanto su estabilidad y alto rendimiento.

Carballo y Márquez (1970), tomando como base los valores que pueden tener los parámetros de estabilidad del modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), definieron seis situaciones posibles que presentan los genotipos en un conjunto de ambientes. Consideran como la variedad más deseable a la que tenga un alto rendimiento, un coeficiente de regresión igual a uno ($b_i = 1$) y una desviación de regresión igual a cero ($Sd_i^2 = 0$).

Márquez (1973) comparó los modelos descritos por Bucio (1966), Eberhart y Russell (1966) y Betanzos (1970); después de hacer derivaciones de los tres métodos concluye que dichos modelos son idénticos, con la única diferencia de que los modelos de Bucio (1966) y Betanzos (1970) toman valores ajustados y el de Eberhart y Russell (1966) valores reales.

Márquez (1976) selecciona una variedad para un tipo de agricultura avanzada y para ésto obtiene un índice socio-económico de adaptabilidad que conjunta en forma ponderada a los parámetros: media varietal (μ), coeficiente de regresión (β) y a la desviación de regresión (δ).

Agrega el autor que el tipo adecuado de la variedad en estudio, se tiene que definir de acuerdo a las condiciones ambientales, sociales y económicas de la región agrícola en que se está probando la variedad.

Sánchez (1977), en su revisión de literatura menciona a Yates y Cochran (1938) a Finlay y Wilkinson (1966), a Eberhart y Russell (1966), a Bucio (1966) y a Perkins y Jinks (1968), quienes mostraron que la relación entre el comportamiento de genotipos diversos en los ambientes diferentes, es frecuentemente lineal y llega a la conclusión de que hay una fuerte evidencia que indica una auténtica relación lineal entre el comportamiento de genotipos específicos y condiciones ambientales, aún cuando esta relación no siempre ocurre para todas las interacciones observadas.

El mismo autor menciona que tomando en cuenta estas relaciones lineales, numerosos autores han usado técnicas de regre si ón para caracterizar respuestas de genotipos de diversas con di ci o ne s ambientales; termina diciendo que el análisis ha sido usado para dar medidas de estabilidad o consistencia genotípica.

Martínez, Gámez, Salazar y Martínez (1980), utilizando gráficas de coordenadas, determinaron el comportamiento de variedades criollas en condiciones de temporal y de riego, to ma ñ do como ambientes el rendimiento promedio del grupo en localidades y años. El comportamiento de cada variedad lo determinaron por el promedio de cada una, respecto a su grupo en cada ambiente evaluado. A las variedades que sobrepasaban en rendimiento a la media de su respectivo grupo, en todas las localidades evaluadas, se seleccionaban como sobresalientes.

Algunos estudios relacionados con la adaptabilidad

Con la premisa de que el método más utilizado para estudiar el comportamiento de genotipos en ambientes diferentes, ha sido el de Eberhart y Russell (1966), se mencionarán algunas investigaciones en donde se implica la estabilidad de genotipos sobre un número de ambientes.

Reitz y Salomon (1964), (citados por Johnson, Shafer y Shmidt, 1968), resumen los resultados de 20 años de mejoramiento de trigo rojo duro de invierno en los EUA. Encontraron que

las correlaciones de los rendimientos varietales entre localidades, generalmente fueron iguales a las correlaciones entre años, y sólo ocasionalmente en una sola localidad las correlaciones entre años fueron menores.

Los mismos autores, utilizando la técnica de Finlay y Wilkinson (1963) para determinar la estabilidad del comportamiento de 12 variedades selectas de trigo rojo duro de invierno, encontraron que los resultados son similares utilizando tres y 24 años de prueba, por lo cual sugieren que tres años pueden dar información confiable sobre la adaptación de un genotipo.

Carballo y Márquez (1970) compararon el rendimiento promedio de grano y la estabilidad fenotípica de híbridos y variedades mejoradas de maíz en El Bajío y la Mesa Central, utilizando el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966). De los resultados obtenidos concluyeron que el método fue efectivo y recomendaron variedades para regiones específicas; además, indican que el concepto de variedad deseable debiera definirlo el mejorador de acuerdo con las características del ambiente de una región.

Explican que no existió correlación entre las medias varietales y los parámetros de estabilidad para los agrupamientos sembrados bajo riego, y para los experimentos de temporal existió una correlación significativa y negativa entre el coeficiente de regresión y las desviaciones de regresión, lo cual indica que las variedades de temporal responden consistentemente bien

en condiciones favorables, pero en las desfavorables la respuesta es pobre.

Joppa, Lebsock y Bush (1971), utilizando el modelo de Eberhart y Russell (1966), estudiaron variedades de trigo durante 10 años en varias localidades. Consideran la desviación sobre la regresión como una medida de la interacción genotipo-ambiente. Concluyen que cada variedad tiene su propio valor de regresión, así como también la desviación de esta regresión ($S^2_{d_i}$), y utilizaron el término interacción específica (variedad-ambiente) cuando una causa específica se hace presente, tal como el ataque de patógenos.

Torrìco (1973) (citado por Juárez, 1977) estudió el comportamiento de 20 variedades de maíz en ambientes contrastantes (que resultaron de la combinación de dos densidades de poblaciones y dos niveles de fertilidad), utilizando el método de Eberhart y Russell (1966). Sus resultados indicaron que la variación entre años, densidades de población y niveles de fertilidad del suelo, afectaron en forma diferente a cada una de las variedades.

Además, observó la estimación de los parámetros de estabilidad para índices foliares, índice de cosecha, índice de eficiencia y rendimiento, que junto con la modificación de la media de rendimiento durante la selección, se modificaron también los parámetros de estabilidad en mayor o menor grado dependiendo de la variedad. Concluye que las variedades desarrolladas en

condiciones ambientales críticas, al ser evaluadas en ambientes favorables muestran un comportamiento mejor que aquellas variedades desarrolladas en buenas condiciones ambientales.

Palomo (1974) estudió en la Comarca Lagunera siete variedades de algodón bajo condiciones de suelo con distintos niveles de infestación por el hongo *Verticillium*, utilizando los parámetros de Eberhart y Russell (1966) y las clasificaciones que Carballo (1970) da a los mismos. De sus resultados, consideró que la variedad Acala-5701-W, por sus parámetros ($b_1 < 1$ y $Sd_i^2 = 0$), rinde bien en ambientes altamente infestados por *Verticillium* y que sus rendimientos son altamente consistentes y predecibles.

Juárez (1977) estudió el efecto del número (5, 10, 15 y 21) de ambientes sobre el valor de los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (1966) en el rendimiento de grano en sorgo. Al analizar la significancia de la regresión respecto a la unidad, encontró que con cinco ambientes todos los coeficientes de regresión no fueron diferentes a 1.0 y que a medida que se incrementa el número de ambientes, aumenta el número de variedades con coeficiente de regresión diferente de 1.0; indica además que en cuanto a las desviaciones de regresión, conforme se aumenta el número de ambientes, disminuye la cantidad de variedades con desviaciones iguales a cero estadísticamente, y al graficar los datos de rendimiento observado de una variedad evaluada en 21 ambientes y con desviaciones de regresión mayores que cero, encontró una tendencia de tipo cuadrático.

Chávez (1977), utilizando una técnica de agrupamiento similar a la de Abou - El - Fittuoh, Rawlings y Miller (1969), estudió la estabilidad del rendimiento de grano de avena (*Avena sativa* L.) en diferentes agrupamientos ambientales. Concluye que la selección de los materiales bajo estudio fue efectiva para incrementar la media de rendimiento, pero no para mejorar la estabilidad en función de las desviaciones de regresión (Sd_i^2). Además, dice que si se quiere mejorar para estabilidad, el criterio de selección debe incluir la estimación de este parámetro.

El mismo autor 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, o bien a que es el resultado de una selección efectuada en el mismo sentido para ambos parámetros; además, en base a los altos valores de asociación encontrados entre los b_i de riego y temporal, como entre los de ambientes similar y disimilar, sugiere que la disponibilidad de agua no es un factor muy importante en la manifestación de la interacción genotipo-ambiente, y que existen otros factores que tienen efecto en esta interacción, tales como temperatura, suelo, fotoperíodo y otros que el hombre los considera de poca importancia.

Gómez (1977) considera que existen dos maneras para controlar la interacción (GA); una de ella es seleccionar genotipos estables y la otra es delimitar áreas homogéneas en donde se reduzca el efecto de dicha interacción. Para probar la primera, el autor aplicó la metodología de Eberhart y Russell (1966), y para

la segunda consideró la metodología de Abou - El - Fittouh *et al.* (1969). En sus conclusiones, el autor dice que la primer metodología aplicada para caracterizar las variedades por estabilidad en rendimiento, es efectiva, ya que se detectaron sorgos ubicados en las situaciones que propone Carballo (1970) al conjugar los valores de los parámetros (β_i y δd_i^2).

Agrega el autor que los materiales adaptados a ambientes favorables fueron los más rendidores, los adaptados a ambientes desfavorables produjeron menos y los que mostraron adaptación a todos los ambientes tuvieron un rendimiento intermedio.

Acerca de la segunda metodología, el autor opina que cuando se delimitan áreas similares en condiciones ambientales por el uso de efectos fenotípicos, la distancia euclidiana promedio produce los mejores agrupamientos. Además, menciona que al definir áreas similares en interacción (GA), el complemento del coeficiente de correlación es el que proporciona una clasificación con mejor información. Por último, dice el autor que el clasificar por efectos fenotípicos equivale a clasificar por efectos ambientales directos, determinando cuatro tipos de ambientes que son: muy favorables, favorables, desfavorables y muy desfavorables.

Livera (1979), utilizando el modelo de Eberhart y Russell (1966) para encontrar adaptabilidad en genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tolerantes al frío, encontró limitantes para evaluar la adaptabilidad de los genotipos señalados por Car-

ballo y Livera (1979) como tolerantes al frío. Estas limitantes fueron: a) la gran diversidad genética de los genotipos incluidos en la evaluación y b) la gran amplitud ambiental que utilizó; además, menciona que las variedades experimentales tienen una adaptabilidad más amplia que los híbridos comerciales, porque producen en ambientes con problemas de temperaturas bajas, mientras que los híbridos, o son improductivos o son de baja productividad en estos ambientes.

Jiménez (1979), aplicando los parámetros de Eberhart y Russell (1966), estudió la estabilidad del rendimiento y de algunos componentes fisiotécnicos en sorgo, encontrando diversidad en la respuesta de los genotipos a los ambientes en producción y a la distribución de materia seca. Agregando el autor que la estabilidad de los caracteres obedeció fundamentalmente a la plasticidad de uno o más de los componentes involucrados.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

El presente estudio se llevó a cabo durante el ciclo de verano de 1978, en dos localidades del Estado de Nuevo León (Marín y General Terán), que se encuentran ubicadas en la zona del Piedmont.

Se establecieron dos experimentos en cada localidad, lo que dio un total de cuatro ensayos, considerando a cada experimento como un ambiente diferente. A continuación se describen brevemente las dos localidades.

Marín

En esta localidad se sembraron dos experimentos en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la UANL, que está situado sobre la carretera Zuazua-Marín a la altura del km 17. Las coordenadas geográficas del lugar son: 25°07' de Latitud Norte y 100°30' de Longitud Oeste; se encuentra a 357 msnm. El suelo es de textura arcillosa, de color café amarillento, medianamente pobre en materia orgánica, profundo y con un pH de 7.8 por lo que está clasificado como ligeramente alcalino.

De acuerdo con la clasificación climática de Koeppen, modificada por García (1973), el clima de la región es: BS₁ (h')hx'.

La temperatura y la precipitación del ciclo en que se desarolló el trabajo se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2. PRECIPITACION Y TEMPERATURA EN MARIN, N.L. DURANTE EL CICLO VERANO 1978. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

MES	PRECIPITACION (mm)	TEMPERATURA °C		
		MAXIMA	MINIMA	MEDIA
Agosto	69.0	36.1	25.0	30.5
Septiembre	54.6	31.3	22.7	27.0
Octubre	108.1	23.9	17.0	20.4
Noviembre	21.6	21.5	15.2	18.3
Diciembre	0.0	20.6	9.6	15.1

Fuente: Estación Climática, Facultad de Agronomía, UANL.

General Terán

Las dos evaluaciones restantes del presente estudio se llevaron a cabo en el Campo Agrícola Experimental de General Terán, perteneciente al Centro de Investigaciones Agrícolas del Golfo Norte del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Dicho campo se encuentra al norte y oriente de la población de General Terán, N.L., sobre la carretera Montemorelos-China a la altura del km 31, siendo sus coordenadas geográficas 21°18' de Latitud Norte y 99°35' de Longitud Oeste, con una altura de 323 msnm. El clima predominante es clasificado como BS₁ (h')hw"(e), de acuerdo con García (1973).

El suelo es calcáreo y alcalino, generalmente deficiente

en materia orgánica, profundo y no tiene problemas de salinidad. La precipitación y la temperatura que se presentaron en esta localidad durante el desarrollo del trabajo se exponen en el Cuadro 3.

CUADRO 3. PRECIPITACION Y TEMPERATURA EN GENERAL TERAN, N.L., DURANTE EL CICLO VERANO 1978. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

MES	PRECIPITACION (mm)	TEMPERATURA °C		
		MAXIMA	MINIMA	MEDIA
Agosto	29.0	37.4	25.5	31.4
Septiembre	427.7	30.9	22.8	26.8
Octubre	76.3	26.8	16.3	21.5
Noviembre	9.9	23.0	14.7	18.9
Diciembre	1.5	9.5	9.5	15.4

Fuente: Estación Climática, Campo Agrícola Experimental de General Terán, INIA.

Genotipos

El material genético que se incluyó en el presente estudio consistió de 20 variedades de maíz de las cuales ocho son variedades comerciales y las restantes se encuentran en proceso de mejoramiento genético.

A continuación se enlistan y se describe en forma general a cada variedad comercial.

- Breve Padilla:** Esta variedad también conocida como V-402 fue formada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA); es distribuída por la Productora Nacional de Semillas (PRONASE). Su precocidad es intermedia.
- H-412:** Este híbrido fue formado por el INIA con cuatro líneas derivadas de la variedad Carmen. La PRONASE lo recomienda para las tierras bajas de noreste de México. En cuanto a su precocidad es tardía.
- NL-VS-1:** Es una variedad sintética obtenida después de tres ciclos de selección masal modificada ejercida sobre la variedad Carmen, la cual presenta características de la raza Tuxpeña. Esta variedad comercial fue formada por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Por su ciclo vegetativo es considerada tardía.
- NL-VS-2:** Es la misma variedad NL-VS-1, sólo que tiene la característica del braquitismo. Respecto a su precocidad es clasificada como tardía.
- NL-H-3:** Variedad híbrida que proviene de una cruza doble entre líneas obtenidas de colectas

que se hicieron en los Estados de Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas. Esta variedad fue formada en el Programa de Mejoramiento Genético del ITESM. En cuanto a su ciclo su clasificación es tardía.

NL-H-5: Esta variedad es un híbrido de cruza doble formado por el ITESM; su ciclo es tardío.

San Juan: A esta variedad también se le conoce como V-401, que es distribuida por PRONASE y fue formada por el INIA; se clasifica como tardía.

Sintético Precoz: Variedad sintética obtenida después de tres ciclos de selección masal modificada en un compuesto de 12 mestizos. Esta variedad se formó dentro del Programa de Mejoramiento Genético de ITESM; por su ciclo es precoz.

Las variedades en proceso de mejoramiento genético (las cuales han sido manejadas por el Programa de Maíz del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la FAUANL) son las siguientes:

Compuesto Precoz: Proviene de 10 colectas de variedades precoces de las zonas bajas del Estado de Nuevo León, con un ciclo de selección masal modificada; por su ciclo vegetativo es precoz.

- Compuesto Blanco:** Es producto de 10 colectas de variedades de las zonas bajas del Estado de Nuevo León, con la característica de grano blanco; se ha practicado un ciclo de selección masal modificada. Por su ciclo vegetativo se considera intermedia.
- Compuesto Pinto Amarillo:** Se formó a partir de 10 colectas de variedades de las zonas bajas del Estado de Nuevo León; se ha practicado un ciclo de selección masal modificada. En función de su ciclo se clasifica como tardía.
- Liebre:** Es la colecta codificada como NL-U-134, originaria de General Terán, N.L.; en ella se ha practicado un ciclo de selección masal modificada; su precocidad es intermedia.
- NL-U-10:** Es originaria de Pesquería, N.L., con un ciclo de selección masal modificada; en cuanto a su clasificación por precocidad es tardía.
- NL-U-12:** Esta colecta proviene de San Nicolás de los Garza, N.L.; se ha practicado un ciclo de selección masal modificada; tomando en cuenta sus días a floración es tardía.

- NL-U-17: Corresponde a una colecta hecha en General Terán, N.L., en la que se han efectuado dos ciclos de selección masal modificada, siendo de ciclo tardío.
- NL-U-21: Se colectó en el Carmen, N.L. y tiene un ciclo de selección masal modificada; su ciclo es tardío.
- NL-U-30: Este material fue colectado en San Carlos, Tamaulipas; se le ha efectuado un ciclo de selección masal modificada y por su precocidad se cataloga como tardío.
- NL-U-127: Es originaria del municipio de los Ramones, N.L.; en ésta se han practicado dos ciclos de selección masal modificada; es precoz.
- Pilingue: Proviene de una colecta realizada en Linares, N.L., a la cual se le practicó un ciclo de selección masal modificada; también es precoz.
- Ranchero: Esta variedad es originaria de San Nicolás de los Garza, N.L., en la que se han practicado cuatro ciclos de selección masal modificada; es tardía.

Métodos

Establecimiento de los ensayos

En cada experimento se consideraron 22 tratamientos, ya que estuvieron repetidas las variedades NL-U-127 y Ranchero.

Los tratamientos se distribuyeron en el campo de acuerdo al diseño de bloques al azar, considerando cuatro repeticiones en cada ensayo.

La siembra se realizó en seco, depositando dos semillas por punto para luego aclarar y dejar sólo una planta; los espaciamientos de siembra fueron surcos a 92 cm y 25 cm entre plantas, siendo la parcela experimental de dos surcos de 10 m de largo.

El mismo ensayo se repitió en la misma localidad, ya que se tenía la finalidad de dejar un experimento bajo condiciones de temporal y otro bajo riego. A todos los ensayos se les aplicó el riego de siembra; sin embargo, debido a las condiciones generales de buena precipitación que se presentaron durante el ciclo, no fue necesario aplicar riegos de auxilio a los experimentos bajo riego, quedando prácticamente los dos ensayos bajo condiciones similares.

No obstante, con el propósito de no perder información se consideró a cada experimento como un ensayo diferente.

Toma de datos

Los datos considerados para la evaluación y la forma en que fueron tomados se mencionan a continuación.

Días a floración. Se calculó tomando como base la fecha del riego de siembra hasta cuando el 50% + 1 de las plantas de la parcela se encontraran en antesis.

Posteriormente se procedió a seleccionar 10 plantas de la parcela experimental que se encontraran con competencia completa, identificándolas con una tarjeta y se les tomó los datos siguientes:

Altura de planta (cm). Esta se consideró desde la base de la planta hasta la base de la espiga.

Perímetro del tallo (cm). Se tomó del primer entrenudo superior de las raíces adventicias.

Area foliar de la hoja de la mazorca (cm^2). El largo se midió desde la lígula al ápice de la hoja y el ancho se tomó aproximadamente a un tercio de la hoja a partir de la lígula. Se obtuvo el dato al multiplicar el largo y ancho por el factor de corrección que es 0.75.

Largo de la mazorca (cm). Esta variable fue medida desde la base hasta el ápice de la mazorca.

Perímetro de la mazorca (mm). Se tomó el dato en la mitad de cada mazorca.

Hileras de la mazorca. Este dato se tomó en la mitad de la mazorca, por el hecho de que es más uniforme en números pares el total de hileras.

Plantas por parcela. Se tomó este dato antes de cosechar, contando el total de plantas en cada parcela.

Porcentaje de desgrane. Se obtuvo dividiendo el peso de grano entre el peso de mazorca por 100.

Rendimiento de grano al 12% de humedad corregido por plantas por parcela (kg/parcela). Este dato se obtuvo a partir del peso de grano, utilizando las fórmulas siguientes:

Para ajustar al 12% de humedad:

$$RC = P_{gh} - \frac{100 - Ph}{88}$$

Donde:

RC = Rendimiento de grano ajustado al 12% de H°.

P_{gh} = Peso de grano húmedo.

Ph = Porcentaje de humedad del grano.

Para corregir el rendimiento de grano a 80 plantas por parcela, se usó la siguiente:

$$Y. = \frac{Y.. (80)}{X}$$

Donde:

Y. = Rendimiento ajustado.

Y.. = Rendimiento sin ajustar (kg/parcela).

X = Plantas cosechadas por parcela.

Análisis estadístico

Para el presente estudio solamente se toman en cuenta las variables rendimiento de grano (kg/parcela), días a floración y altura de planta (cm).

En los análisis de varianza individual se probaron las hipótesis estadísticas:

$$H_0: T_1 = T_2 = \dots = T_n$$

$$H_a: T_1 \neq T_2 \neq \dots \neq T_n$$

En los análisis en que se tuvieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, se procedió a la comparación de medias mediante la prueba de rango múltiple de Tukey, con la fórmula siguiente:

$$W = \text{DMSH} = q_\alpha (p, n) S_{\bar{x}}$$

Donde:

W = Diferencia mínima significativa honesta.

q_α = Valor de tablas con un nivel α de significancia.

p = Grados de libertad del error.

n = Número de medias a comparar.

$S_{\bar{x}}$ = Desviación estandar de la media (De la Loma, 1966).

Posteriormente se realizó el análisis de varianza para la estimación de los parámetros de estabilidad, de acuerdo al modelo estadístico propuesto por Eberhart y Russell (1966). En el Apéndice 1 se presenta un ejemplo del desarrollo del método en forma más detallada, sólo para el carácter rendimiento de grano (kg/parcela).

El modelo matemático propuesto por Eberhart y Russell (1966) para estimar los parámetros de estabilidad, que son el coeficiente de regresión (β_i) y la desviación de regresión (δ_{ij}^2) de cada una de las variedades es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

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

($j = 1, 2 \dots a$, ambientes)

Donde:

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

μ_i = Media de la variedad i en todos los ambientes.

β_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad sobre todos los ambientes.

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

I_j = Índice ambiental que resulta de restar el promedio general al promedio del ambiente j , considerando és

te sobre todos las variedades, o sea:

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

Donde la sumatoria de los índices ambientales es igual a cero,

o sea:

$$\sum_j I_j = 0$$

Para estimar los parámetros $(\beta_i, \delta d_i)$ que son utilizados para definir la estabilidad de una variedad, se usan las fórmulas siguientes:

El parámetro β_i (coeficiente de regresión) es estimado como se indica enseguida.

$$\beta_i = \hat{b}_i$$

$$\hat{b}_i = (\sum_j Y_{ij} I_j / \sum_j I_j^2)$$

El comportamiento de cada variedad puede predecirse empleando los estimadores de los parámetros, de la manera siguiente:

$$\hat{Y}_{ij} = \bar{X}_i + b_i I_j$$

Donde \bar{X}_i es un estimador de μ_i .

El segundo parámetro (δd_i) que es la desviación de la regresión se calcula como sigue:

$$Sd_i^2 = \{ \sum_j \hat{\delta}_{ij}^2 / n - 2 \} - S_e^2 / r$$

Donde:

S_e^2 / r , es el estimador del error conjunto, o sea la varianza de la media de una variedad en el ambiente j ; r es el promedio de las repeticiones de los distintos experimentos ($r = \sum_j r_j / n$).

La sumatoria ($\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2$) se calcula con la fórmula:

$$\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2 = \left(\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_i^2}{n} \right) - \left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2$$

Mediante este modelo se divide la interacción genotipo-ambiente para cada variedad en dos partes:

a) La variación debido a la respuesta (lineal) de la variedad a los diferentes índices ambientales (suma de cuadrados de regresión).

b) Las desviaciones inexplicables de la regresión sobre el índice ambiental.

El análisis de varianza para los parámetros de estabilidad se presenta en el Cuadro 4.

Las hipótesis a probar en un análisis de este tipo son las siguientes:

1) La significancia de las diferencias entre las medias varietales ($H_0: v_1 = v_2 = \dots V_v$) se puede probar mediante la prueba de F .

$$F = CM_1 / CM_3$$

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD
 DE EBERHART Y RUSSELL (1966).
 $(\beta_i \text{ y } \delta^2 d_i)$

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
TOTAL	$nv-1$	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - FC$	
VARIETADES (V)	$v-1$	$\frac{1}{n} \sum_i Y_i^2 - FC$	CM_1
AMBIENTE (A)	$(v-1) \left\{ \begin{matrix} n-1 \\ (n-1) \end{matrix} \right\} v(n-1)$	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \sum_i Y_i^2 / n$	
AMBIENTE (LINEAL)	1	$\frac{1}{v} (\sum_j Y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
V X A (LINEAL)	$v-1$	$\sum_i \{ (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 \} - SCA(\text{lin})$	CM_2
DESVIACIONES CONJUNTAS	$v(n-2)$	$\sum_i \sum_j \delta_{ij}^2$	CM_3
Variedad 1	$n-2$	$\{ \sum_j Y_{1j}^2 - \frac{Y_{1.}^2}{n} \} - (\sum_j Y_{1j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
.	.		
.	.		
Variedad v	$n-2$	$\{ \sum_j Y_{vj}^2 - \frac{Y_{v.}^2}{n} \} - (\sum_j Y_{vj} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
ERROR CONJUNTO	$n(r-1) (v-1)$		

2) Las hipótesis de que no hay diferencia genética entre variedades para su regresión sobre los índices ambientales ($H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_v$), se prueba mediante la prueba de F siguiente:

$$F = CM_2/CM_3$$

3) La hipótesis de que el coeficiente de regresión para cada variedad no difiere de la unidad, o sea: $\beta_1 = 1.0$ para $i = 1, 2, \dots, v$, se prueba mediante la prueba de t.

$$t = \frac{\hat{b}_i - 1}{\hat{Sb}_i}, \text{ siendo } (S^2_{\hat{b}_i} = \frac{\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2 / n - 2}{\sum_j I_j^2})$$

4) La prueba de las desviaciones de regresión se realizan en forma aproximada mediante la fórmula siguiente:

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

5) La prueba de significancia en las comparaciones del promedio de cada uno de los genotipos se pueden realizar mediante la prueba de Tukey.

Después de la estimación de los parámetros de estabilidad y de acuerdo a los valores que pueden tomar el coeficiente de regresión y la desviación de la regresión, respecto a sus pruebas de significancia, cada variedad fue clasificada bajo alguna de las seis situaciones posibles anotadas en el Cuadro 5.

CUADRO 5. SITUACIONES POSIBLES QUE PUEDEN TOMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE EBERHART Y RUSSELL (1966), SEGUN CARBALLO Y MARQUEZ (1970).

SITUACION	COEFICIENTE DE REGRESION	DESVIACION DE LA REGRESION	DESCRIPCION
a)	$b_i = 1.0$	$\delta^2 d_i = 0$	VARIEDAD ESTABLE
b)	$b_i = 1.0$	$\delta^2 d_i > 0$	BUENA RESPUESTA EN TODOS LOS AMBIENTES, PERO INCONSISTENTE.
c)	$b_i < 1.0$	$\delta^2 d_i = 0$	RESPUESTA MEJOR EN AMBIENTES DESFAVORABLES Y CONSISTENTE.
d)	$b_i < 1.0$	$\delta^2 d_i > 0$	RESPUESTA MEJOR EN AMBIENTES DESFAVORABLES E INCONSISTENTE.
e)	$b_i > 1.0$	$\delta^2 d_i = 0$	RESPUESTA MEJOR EN BUENOS AMBIENTES Y CONSISTENTE.
f)	$b_i > 1.0$	$\delta^2 d_i > 0$	RESPUESTA MEJOR EN BUENOS AMBIENTES E INCONSISTENTE.

RESULTADOS

En el presente capítulo se expondrán los resultados de los análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de los caracteres en estudio que son: rendimiento de grano (kg/ parcela), días a floración y altura de planta (cm).

En el Apéndice 1 se presenta el desarrollo del método propuesto por Eberhart y Russell (1966) para estimar los parámetros de estabilidad, el cual fue utilizado en el presente estudio; solamente se expone para el carácter rendimiento de grano. La significancia de los cuadrados medios, obtenidos en los análisis de varianza de cada experimento para los tres caracteres en estudio (en cada ambiente de prueba), son presentados en el Apéndice 2.

A continuación se exponen los resultados obtenidos en la estimación de dichos parámetros para cada carácter.

Rendimiento de grano

Los resultados del análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad del carácter rendimiento de grano (kg/ parcela), se pueden observar en el Cuadro 6; en éste se puede apreciar que existen diferencias altamente significativas entre las medias de las variedades y la interacción de variedad X ambiente (lineal).

En el Cuadro 7 se muestra el rendimiento promedio de cada variedad en los cuatro ensayos con sus respectivos índices am-

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE GRANO (kg/PARCELA). PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. CAL.	F. TEORICA	
					0.01	0.05
TOTAL	87	126.31				
VAR. (V)	21	28.81	1.37	8.20**	1.94	1.61
AMB. (A)	3	97.50				
V X A	63					
AMB. (LINEAL)	1	0.162				
V X A (LINEAL)	21	90.14	4.29	25.69**	1.94	1.61
DESV. CONJ.	44	7.36	0.167	0.94		
VAR. 1	2	0.154	0.077	0.43 NS	4.70	3.03
VAR. 2	2	0.460	0.230	1.29 NS	4.70	3.03
VAR. 3	2	0.050	0.025	0.14 NS	4.70	3.03
VAR. 4	2	0.102	0.051	0.28 NS	4.70	3.03
VAR. 5	2	0.290	0.145	0.82 NS	4.70	3.03
VAR. 6	2	0.164	0.082	0.46 NS	4.70	3.03
VAR. 7	2	0.022	0.011	0.06 NS	4.70	3.03
VAR. 8	2	0.432	0.216	1.22 NS	4.70	3.03
VAR. 9	2	0.213	0.106	0.60 NS	4.70	3.03
VAR. 10	2	0.074	0.036	0.20 NS	4.70	3.03
VAR. 11	2	1.015	0.534	3.02 NS	4.70	3.03
VAR. 12	2	0.764	0.382	2.15 NS	4.70	3.03
VAR. 13	2	0.283	0.141	0.80 NS	4.70	3.03
VAR. 14	2	0.026	0.013	0.07 NS	4.70	3.03
VAR. 15	2	0.051	0.025	0.14 NS	4.70	3.03
VAR. 16	2	0.055	0.027	0.15 NS	4.70	3.03
VAR. 17	2	0.111	0.056	0.31 NS	4.70	3.03
VAR. 18	2	0.359	0.179	1.01 NS	4.70	3.03
VAR. 19	2	0.413	0.206	1.16 NS	4.70	3.03
VAR. 20	2	0.696	0.347	1.96 NS	4.70	3.03
VAR. 21	2	0.877	0.438	2.47 NS	4.70	3.03
VAR. 22	2	0.669	0.334	1.88 NS	4.70	3.03
ERROR CONJ.	233		0.177			

** = Altamente significativo (0.01).

CUADRO 7. CONCENTRACION DE RENDIMIENTOS MEDIOS VARIETALES POR AMBIENTE DE PRUEBA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE EBERHART Y RUSSELL. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD	MARIN 1	MARIN 2	TERAN 1	TERAN 2	Σ_i	\bar{Y}_i
1. NL-U-10	6.467	6.193	7.223	6.713	26.596	6.649
2. NL-U-12	4.697	5.473	7.749	7.006	24.925	6.231
3. NL-U-17	5.512	5.245	7.700	7.564	26.021	6.505
4. NL-U-21	5.661	5.369	6.450	6.718	24.198	6.049
5. NL-U-30	5.180	5.773	8.046	7.392	26.391	6.598
6. NL-U-127	3.872	3.931	6.809	7.211	21.823	5.456
7. NL-U-127	3.392	3.677	6.477	6.369	19.915	4.979
8. RANCHERO	6.498	5.677	7.846	7.388	27.409	6.852
9. RANCHERO	5.731	5.295	6.934	7.302	25.262	6.315
10. PILINQUE	4.517	4.933	6.696	6.562	22.708	5.677
11. C.P. AMARILLO	4.781	6.116	8.032	8.585	27.518	6.879
12. C. PRECOZ	4.704	5.469	8.425	7.263	25.861	6.465
13. LIEBRE	4.686	5.418	6.490	6.159	22.753	5.688
14. S. PRECOZ	4.589	4.408	6.995	6.818	22.810	5.703
15. C. BLANCO	6.096	5.909	7.610	7.743	27.358	6.840
16. B. PADILLA	5.503	5.711	7.268	7.454	25.936	6.484
17. SAN JUAN	5.187	5.681	7.749	7.489	26.106	6.526
18. NL-H-5	5.949	5.189	8.313	8.401	27.852	6.963
19. NL-H-3	6.357	5.467	6.782	6.668	25.274	6.318
20. H-412	6.366	5.639	7.261	6.302	25.568	6.392
21. NL-VS-1	6.027	6.951	7.426	8.324	28.728	7.182
22. NL-VS-2	7.171	6.232	7.739	8.305	29.447	7.362

Σ_j	118.943	119.756	162.020	159.736	560.455	7.369
\bar{Y}_j	5.406	5.443	7.364	7.260		
I_j	-0.962	-0.925	0.995	0.892		

bientales. Según la producción de cada uno de los ambientes, se clasifican como sigue: a) ambiente pobre (Marín, N.L.) y b) ambiente bueno (General Terán, N.L.).

Dado que hubo significancia estadística en la interacción variedad X ambiente (lineal), se obtuvieron los valores estimados del coeficiente de regresión para cada variedad, así como la desviación de regresión respectiva.

Los valores estimados de ambos parámetros se presentan en el Cuadro 8, en donde además se observa la significancia de los mismos en base a la hipótesis correspondiente.

De acuerdo con lo encontrado por el coeficiente de regresión, se pueden formar tres grupos: a) genotipos con $\hat{b}_i < 1$, en el cual se encuentran las variedades NL-U-10 y NL-U-21; b) genotipos con $\hat{b}_i > 1$, encontrándose las variedades NL-U-127 (en los dos tratamientos) y la variedad Sintético Precoz; c) genotipos con $\hat{b}_i = 1$, en donde se tiene el resto de las variedades evaluadas.

Respecto a la significancia de los valores de las desviaciones de regresión, solamente se tiene un grupo, pues en todas las variedades se aceptó la hipótesis nula, por lo que en este parámetro todos los valores resultaron iguales a cero.

En el Cuadro 23 del Apéndice 1, se puede ver que las cinco variedades más rendidoras y estadísticamente iguales en los cuatro ambientes fueron: NL-VS-2, NL-VS-1, NL-H-5, Compuesto

CUADRO 8. RENDIMIENTO PROMEDIO VARIETAL DE LAS CUATRO LOCALIDADES, PARAMETROS DE ESTABILIDAD, SIGNIFICANCIA ESTADISTICA Y CLASIFICACION. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD	RENDIMIENTO (kg/parcela)	\hat{b}_i	$\hat{s}^2_{d_i}$	(1)
NL-VS-2	7.362	0.68	0.157	a
NL-VS-1	7.182	0.72	0.261	a
NL-H-5	6.963	1.47	0.002	a
C.P. AMARILLO	6.879	1.51	0.330	a
RANCHERO	6.852	0.80	0.072	a
C. BLANCO	6.840	0.88	-0.151	a
NL-U-10	6.649	0.34**	-0.100	c
NL-U-30	6.598	1.20	-0.032	a
SAN JUAN	6.526	1.16	-0.121	a
NL-U-17	6.505	1.19	-0.152	a
B. PADILLA	6.484	0.93	0.149	a
C. PRECOZ	6.465	1.48	0.205	a
H-412	6.392	0.42	0.171	a
NL-H-3	6.138	0.43	0.029	a
RANCHERO	6.315	0.84	-0.070	a
NL-U-12	6.231	1.23	0.457	a
NL-U-21	6.049	0.56**	-0.126	c
S. PRECOZ	5.703	1.27**	-0.164	e
LIEBRE	5.688	0.68	-0.035	a
PILINQUE	5.677	1.01	0.137	a
NL-U-127	5.456	1.64**	-0.095	e
NL-U-127	4.979	1.53**	-0.166	e

** = Altamente significativo (0.01).

(1) = Clasificación de variedades según Carballo y Márquez (1970).

Pinto Amarillo y Ranchero. Las que presentaron los rendimientos menores fueron: Sintético Precoz, Liebre, Pilingue y NL-U-127 en sus dos tratamientos.

En el citado Cuadro 8 se hace la clasificación, de acuerdo con Carballo y Márquez (1970), de las variedades según los valores de los parámetros de estabilidad obtenidos.

En función de lo anterior se tienen tres clases: 1) clase a, que corresponde a estable y consistente; 2) clase c, la cual se refiere a respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente; y 3) clase e, que se refiere a respuesta mejor en buenos ambientes y consistente.

Días a floración

Los resultados del análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad del carácter días a floración se presentan en el Cuadro 9, en donde se puede apreciar una diferencia altamente significativa para las medias de las variedades y la interacción de las variedades en los ambientes (lineal).

En dicho Cuadro se muestra también que las variedades NL-U-12, NL-U-127 y NL-H-3 fueron las únicas que mostraron diferencias estadísticas en la prueba de F.

Los datos utilizados para realizar el análisis de varianza y obtener los parámetros de estabilidad se pueden observar en el Cuadro 10; además, se aprecia el promedio de días a flora

CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE DIAS A FLORACION. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. CAL.	F. TEORICA	
					0.01	0.05
TOTAL	87	1661.48				
VAR. (V)	21	898.96	42.81	14.61 **	1.94	1.61
AMB. (A)	3 66	762.52				
V X A	63					
AMB. (LINEAL)	1	1.24				
V X A (LINEAL)	21	632.35	30.11	10.28 **	1.94	1.61
DES. CONJ.	44	128.93	2.93	1.54		
VAR. 1	2	3.88	1.94	1.02 N.S.	4.70	3.03
VAR. 2	2	23.48	11.74	6.18 **	4.70	3.03
VAR. 3	2	5.33	2.66	1.40 N.S.	4.70	3.03
VAR. 4	2	0.58	0.29	0.15 N.S.	4.70	3.03
VAR. 5	2	1.22	0.61	1.58 N.S.	4.70	3.03
VAR. 6	2	13.80	6.90	3.63 *	4.70	3.03
VAR. 7	2	7.87	3.93	2.07 N.S.	4.70	3.03
VAR. 8	2	1.90	0.95	0.50 N.S.	4.70	3.03
VAR. 9	2	0.35	0.17	0.09 N.S.	4.70	3.03
VAR. 10	2	3.14	1.57	0.83 N.S.	4.70	3.03
VAR. 11	2	1.30	0.65	0.34 N.S.	4.70	3.03
VAR. 12	2	1.30	0.65	0.34 N.S.	4.70	3.03
VAR. 13	2	2.51	1.25	1.85 N.S.	4.70	3.03
VAR. 14	2	9.98	4.99	2.63 N.S.	4.70	3.03
VAR. 15	2	7.38	3.69	1.94 N.S.	4.70	3.03
VAR. 16	2	4.32	2.19	1.15 N.S.	4.70	3.03
VAR. 17	2	0.76	0.38	0.20 N.S.	4.70	3.03
VAR. 18	2	0.84	0.42	0.22 N.S.	4.70	3.03
VAR. 19	2	29.22	14.61	7.69 **	4.70	3.03
VAR. 20	2	2.67	1.33	0.70 N.S.	4.70	3.03
VAR. 21	2	0.83	0.41	0.22 N.S.	4.70	3.03
VAR. 22	2	6.22	3.11	1.64 N.S.	4.70	3.03
ERROR CONJUNTO	223		1.90			

* = Significativo (0.05)

** = Altamente significativo (0.01)

N.S. = No significativo.

CUADRO 10. CONCENTRACION DE MEDIAS VARIETALES DE DIAS A FLORACION POR AMBIENTE DE PRUEBA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE EBERHART Y RUSSELL. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD	MARIN 1	MARIN 2	TERAN 1	TERAN 2	Σ_i	\bar{Y}_i
1. NL-U-10	67.33	64.50	60.00	63.00	254.83	63.96
2. NL-U-12	63.25	64.00	56.50	63.00	246.75	61.69
3. NL-U-17	64.25	59.50	58.25	59.75	241.75	60.44
4. NL-U-21	67.25	65.50	62.00	63.25	258.00	64.50
5. NL-U-30	63.65	60.75	58.25	57.00	239.65	59.91
6. NL-U-127	61.50	56.50	54.00	49.25	221.25	55.31
7. NL-U-127	63.00	56.25	52.25	49.25	220.75	55.19
8. RANCHERO	69.25	65.00	61.50	63.00	258.75	64.69
9. RANCHERO	67.00	64.50	60.75	60.25	252.50	63.12
10. PILINQUE	58.50	57.50	54.00	52.25	222.25	55.56
11. C.P. AMARILLO	63.50	59.00	56.00	55.75	234.25	58.56
12. C. PRECOZ	61.50	57.25	54.25	53.50	226.50	56.62
13. LIEBRE	59.00	58.50	53.25	53.50	224.25	56.06
14. S. PRECOZ	59.50	57.25	56.50	52.25	225.50	56.37
15. C. BLANCO	64.50	62.75	60.50	57.00	244.75	61.19
16. B. PADILLA	58.75	59.75	53.75	54.75	226.50	56.62
17. SAN JUAN	64.25	63.75	60.50	60.75	249.25	62.31
18. NL-H-5	62.50	60.00	58.00	57.00	237.50	59.37
19. NL-H-3	60.75	57.50	54.75	62.00	235.00	58.75
20. H-412	64.00	62.25	58.25	60.75	245.25	61.31
21. NL-VS-1	67.00	62.75	59.25	59.75	248.75	62.19
22. NL-VS-2	68.50	68.25	60.50	61.75	259.00	64.75
Σ_j	1398.73	1342.50	1263.00	1268.75	5272.98	
\bar{Y}_j	63.58	61.02	57.41	57.67	59.92	
I_j	3.66	1.10	-2.51	-2.25		

ción obtenido en cada ambiente con su respectivo índice ambiental. En dicho Cuadro se puede notar que el experimento uno de la localidad de Marín presentó un valor más elevado que en las demás evaluaciones; en la localidad de General Terán, prácticamente no hubo diferencia de un experimento a otro.

El promedio de días a floración de cada variedad obtenido en las cuatro evaluaciones se puede ver en el Cuadro 11, así como la significancia para las pruebas de hipótesis respectivas del coeficiente de regresión y la desviación de regresión para cada variedad. En el mismo Cuadro aparece la clasificación de las variedades (según Carballo y Márquez, 1970) con respecto a los valores que tomaron los parámetros de estabilidad.

Respecto al primer parámetro se encuentra que se acepta la hipótesis respectiva en todas las variedades, ya que no se detectaron diferencias significativas en ninguna variedad, por lo que todas las variedades son estables para este carácter.

En cuanto al segundo parámetro se puede notar que solamente para las variedades NL-U-12, NL-U-127 y el híbrido NL-H-3 la hipótesis fue rechazada y por lo tanto presentan una desviación de regresión mayor que cero, siendo inconsistentes en su comportamiento. Las demás variedades resultaron ser consistentes; entre éstas se puede considerar que la variedad que se comportó más estable y consistente sería la NL-U-10 por sus valores obtenidos.

CUADRO 11. PROMEDIO POR VARIEDAD DE DIAS A FLORACION EN LAS CUATRO LOCALIDADES, PARAMETROS DE ESTABILIDAD, SIGNIFICANCIA Y CLASIFICACION. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD	Días a flo ración	\hat{b}_i	\hat{S}_{di}^2	(1)
22. NL-VS-2	64.75	1.31	1.21	a
8. RANCHERO	64.69	1.11	-0.95	a
4. NL-U-21	64.50	0.78	-1.61	a
1. NL-U-10	63.96	0.96	0.04	a
9. RANCHERO	63.12	1.08	-1.72	a
17. SAN JUAN	63.21	0.64	-1.52	a
21. NL-VS-1	62.19	1.19	-1.49	a
2. NL-U-12	61.69	0.71	9.84**	b
20. H-412	61.31	0.76	-0.57	a
15. C. BLANCO	61.19	0.96	1.79	a
3. NL-U-17	60.44	0.77	0.76	a
5. NL-U-30	59.91	0.98	-1.58	a
18. NL-H-5	59.37	0.81	-1.48	a
19. NL-H-3	58.75	0.33	12.71**	b
11. C.P. AMARILLO	58.56	1.21	-1.25	a
12. C. PRECOZ	56.62	1.21	-1.25	a
16. B. PADILLA	56.62	0.85	0.29	a
14. S. PRECOZ	56.37	0.82	3.09	a
13. LIEBRE	56.06	1.01	-0.65	a
10. PILINQUE	55.56	0.93	-0.33	a
6. NL-U-127	55.31	1.57	5.00**	b
7. NL-U-127	55.19	1.94	2.03	a

** = Altamente significativo (0.01).

(1) = Clasificación de variedades según Carballo y Márquez (1970).

Altura de planta

Para este carácter, los resultados del análisis de varianza para determinar los parámetros de estabilidad se pueden ver en el Cuadro 12. De acuerdo con dichos resultados se encontraron diferencias altamente significativas para las medias varietales y la interacción genotipo-ambiente; la variedad experimental NL-U-127 (tratamiento 7) resultó ser la única variedad diferente significativamente de la prueba de F para cada variedad.

Los promedios de altura de las variedades en cada localidad para efectuar el análisis, se observan en el Cuadro 13, donde también se presenta el promedio de cada ambiente con su respectivo índice ambiental.

Como se puede apreciar en dicho Cuadro, los valores promedio más altos corresponden a la localidad de General Terán, sobrepasando a los promedios de Marín con más de 50 cm.

El promedio de altura de planta (cm) para cada variedad obtenido en los cuatro ensayos se puede ver en el Cuadro 14. En éste se puede ver la significancia estadística del coeficiente de regresión y de la desviación de regresión para cada variedad; también se puede observar la clasificación de las variedades (de acuerdo con Carballo y Márquez (1970), en cuanto a los valores de los parámetros de estabilidad.

En lo que respecta al primer parámetro, se puede ver que en función de la prueba de hipótesis practicada, todas las va-

CUADRO 12. ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE ALTURA DE PLANTA (cm). PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. CAL.	F. TEORICA	
					0.01	0.05
TOTAL	87	10.60				
VAR. (V)	21	2.71	0.129	4.45**	1.94	1.61
AMB. (A)	3	66	7.54			
V X A	63					
AMB. (LINEAL)	1	0.013				
V X A (LINEAL)	21	6.24	0.297	10.24**	1.94	1.61
DESV. CONJ.	44	1.285	0.029			
VAR. 1	2	0.0047	0.0023	0.0096 N.S.	4.70	3.03
VAR. 2	2	0.0018	0.0009	0.0037 N.S.	4.70	3.03
VAR. 3	2	0.0105	0.0052	0.0219 N.S.	4.70	3.03
VAR. 4	2	0.0062	0.0031	0.0130 N.S.	4.70	3.03
VAR. 5	2	0.0017	0.0008	0.0033 N.S.	4.70	3.03
VAR. 6	2	0.0013	0.0006	0.0025 N.S.	4.70	3.03
VAR. 7	2	1.6586	0.8293	3.4918 *	4.70	3.03
VAR. 8	2	0.0062	0.0031	0.0130	4.70	3.03
VAR. 9	2	0.7615	0.3807	1.6029	4.70	3.03
VAR. 10	2	0.0012	0.0006	0.0025	4.70	3.03
VAR. 11	2	0.0096	0.0048	0.0202	4.70	3.03
VAR. 12	2	0.0037	0.0018	0.0076	4.70	3.03
VAR. 13	2	0.0032	0.0016	0.0067	4.70	3.03
VAR. 14	2	0.0040	0.0020	0.0084	4.70	3.03
VAR. 15	2	0.0575	0.2875	1.2105	4.70	3.03
VAR. 16	2	0.0162	0.0081	0.0341	4.70	3.03
VAR. 17	2	0.0040	0.0020	0.0084	4.70	3.03
VAR. 18	2	0.0040	0.0020	0.0084	4.70	3.03
VAR. 19	2	0.0848	0.0424	0.1785	4.70	3.03
VAR. 20	2	0.0101	0.0050	0.0210	4.70	3.03
VAR. 21	2	0.0203	0.0101	0.0425	4.70	3.03
VAR. 22	2	0.0218	0.0109	0.0459	4.70	3.03
ERROR CONJ.	223		0.237			

* = Significativo (0.05)

** = Altamente significativo (0.01)

N.S. = No Significativo

CUADRO 13. CONCENTRACION DE PROMEDIOS VARIETALES PARA ALTURA DE PLANTA (cm) POR AMBIENTE DE PRUEBA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE EBERHART Y RUSSELL. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD	MARIN 1	MARIN 2	TERAN 1	TERAN 2	Σ_i	\bar{Y}_i
1. NL-U-10	217	213	274	278	982	245
2. NL-U-12	215	225	266	266	972	243
3. NL-U-17	207	203	260	249	919	230
4. NL-U-21	218	214	273	267	972	243
5. NL-U-30	198	208	250	251	907	227
6. NL-U-127	169	174	223	219	785	196
7. NL-U-127	153	165	212	218	748	187
8. RANCHERO	230	226	285	279	1020	255
9. RANCHERO	221	213	273	272	979	245
10. PILINQUE	164	169	224	220	777	194
11. C.P. AMARILLO	203	199	257	247	906	226
12. C. PRECOZ	188	187	244	251	870	217
13. LIEBRE	184	186	231	224	825	206
14. S. PRECOZ	180	192	241	237	850	212
15. C. BLANCO	208	205	230	264	907	227
16. B. PADILLA	178	199	236	231	844	211
17. SAN JUAN	203	208	260	252	923	231
18. NL-H-5	195	204	260	253	912	228
19. NL-H-3	173	194	240	280	887	222
20. H-412	171	170	214	228	783	196
21. NL-VS-1	207	231	270	277	985	246
22. NL-VS-2	197	195	255	236	883	220
Σ_j	4279	4380	5478	5499	19636	4907
\bar{Y}_j	194.50	199.10	250.36	249.95	892.54	223.04
I_j	-28.64	-24.05	25.86	26.81		

CUADRO 14. ALTURA PROMEDIO (cm) POR VARIEDAD EN LAS CUATRO LOCALIDADES, PARAMETROS DE ESTABILIDAD, SIGNIFICANCIA Y CLASIFICACION. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD	Altura (cm)	\hat{b}_i	$\hat{s}^2_{d_i}$	(1)
8. RANCHERO	255	1.02	-0.234	a
21. NL-VS-1	246	1.05	-0.227	a
1. NL-U-10	245	1.15	-0.235	a
9. RANCHERO	245	1.00	0.143	a
2. NL-U-12	243	0.88	-0.236	a
4. NL-U-21	243	1.02	-0.234	a
17. SAN JUAN	231	0.96	-0.235	a
3. NL-U-17	230	0.93	-0.232	a
18. NL-H-5	228	1.08	-0.235	a
15. C. BLANCO	227	0.77	0.500	a
5. NL-U-30	227	0.91	-0.236	a
11. C.P. AMARILLO	226	0.96	-0.232	a
19. NL-H-3	222	1.47	-0.195	a
22. NL-VS-2	220	0.93	-0.226	a
12. C. PRECOZ	217	1.13	-0.236	a
14. S. PRECOZ	212	1.01	-0.235	a
16. B. PADILLA	211	0.87	-0.229	a
13. LIEBRE	206	0.80	-0.236	a
20. H-412	196	0.96	-0.232	a
6. NL-U-127	196	0.94	-0.236	a
10. PILINQUE	194	1.05	-0.237	a
7. NL-U-127	187	1.07	0.592*	b

* = Significativo (0.05)

(1) = Clasificación de variedades según Carballo y Márquez (1970).

riedades tuvieron un coeficiente de regresión estadísticamente igual a uno. En lo que concierne al segundo parámetro, sólo en la variedad NL-U-127 (tratamiento 7) se rechaza la hipótesis respectiva al nivel de 0.05 de probabilidad, por lo que fue la única que resultó ser inconsistente; las demás variedades por lo tanto fueron consistentes.

DISCUSION

En este capítulo se discutirán los resultados obtenidos para los parámetros de estabilidad (según Eberhart y Russell, 1966) de los tres caracteres en las 20 variedades en estudio; además, se considerará la clasificación que a éstas se les dio por los valores que tomaron sus respectivos parámetros (de acuerdo con Carballo y Márquez, 1970). Antes, es necesario hacer las consideraciones siguientes.

En una de las hipótesis experimentales del presente trabajo, se planteó que no existían diferencias entre las variedades evaluadas respecto a su estabilidad, ya que se estaban tomando en cuenta varias circunstancias que la soportaban. De cumplirse esta hipótesis, se determinaría una amplia adaptabilidad de todos los genotipos evaluados, bajo las condiciones ambientales de las dos localidades de prueba.

Al respecto, en el capítulo de Materiales y Métodos se hizo una descripción general de los materiales genéticos empleados, en donde se puede notar que la mayoría de ellos son originarios de las zonas bajas del Estado de Nuevo León, lo cual implica que están adaptados a condiciones ecológicas similares, no obstante que algunos sean híbridos, variedades mejoradas o experimentales.

Aunado a lo anterior, se tiene que las dos localidades elegidas para el estudio (Marín y General Terán, N.L.), presentan cierta semejanza en cuanto a tipos de clima y altitud, aun-

que difieren en ciertas características ecológicas, como se observa en la descripción que se hace de ellas en el capítulo de Materiales y Métodos; debido a esto, se pensó contrastar los ensayos teniendo uno en riego y el otro bajo temporal, lo cual no se pudo obtener, como ya se mencionó.

Sin embargo, dicha hipótesis no se cumplió para todos los materiales, aunque sí en la mayoría de ellos en las tres características estudiadas. El comportamiento de los pocos genotipos inestables se puede explicar en términos generales, si se toman en cuenta ciertas situaciones que prevalecieron en cada una de las localidades al efectuar el trabajo.

En los experimentos 1 y 2 de la localidad de Marín se tuvieron problemas de fertilidad del suelo y de manejo del cultivo, además de la oportunidad de la precipitación que fue diferente para los genotipos en evaluación, lo que pudo impedir que éstos expresaran adecuadamente su potencial genético.

En la mencionada localidad, se puede considerar que los materiales tardíos aprovecharon mejor las precipitaciones registradas, mientras que los genotipos precoces fueron los más castigados, ya que no hubo una coincidencia completa entre la floración media de éstos con las precipitaciones ocurridas (Figuras 6 y 7); aunque en general todos los materiales sufrieron por esta situación en mayor o menor grado. Por lo tanto, se considera que la oportunidad de las lluvias fue determinante para el comportamiento de los genotipos en Marín, N.L.

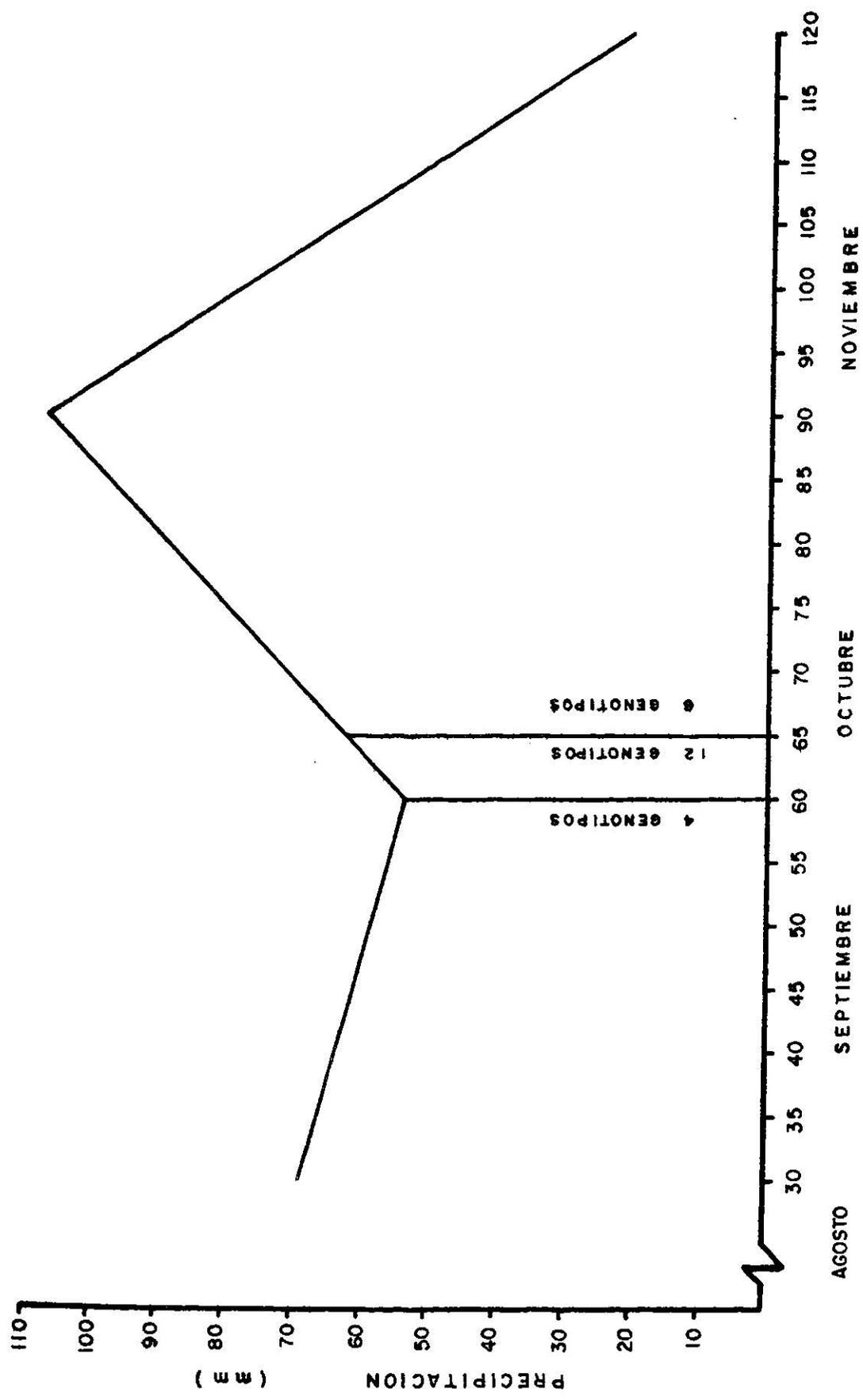


FIGURA 6. PRECIPITACION (mm) OCURRIDA EN MARIN, N.L., DURANTE EL CICLO VERANO 1978 Y DISTRIBUCION POR PRECOCIDAD DE GENOTIPOS DEL EXPERIMENTO 1. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

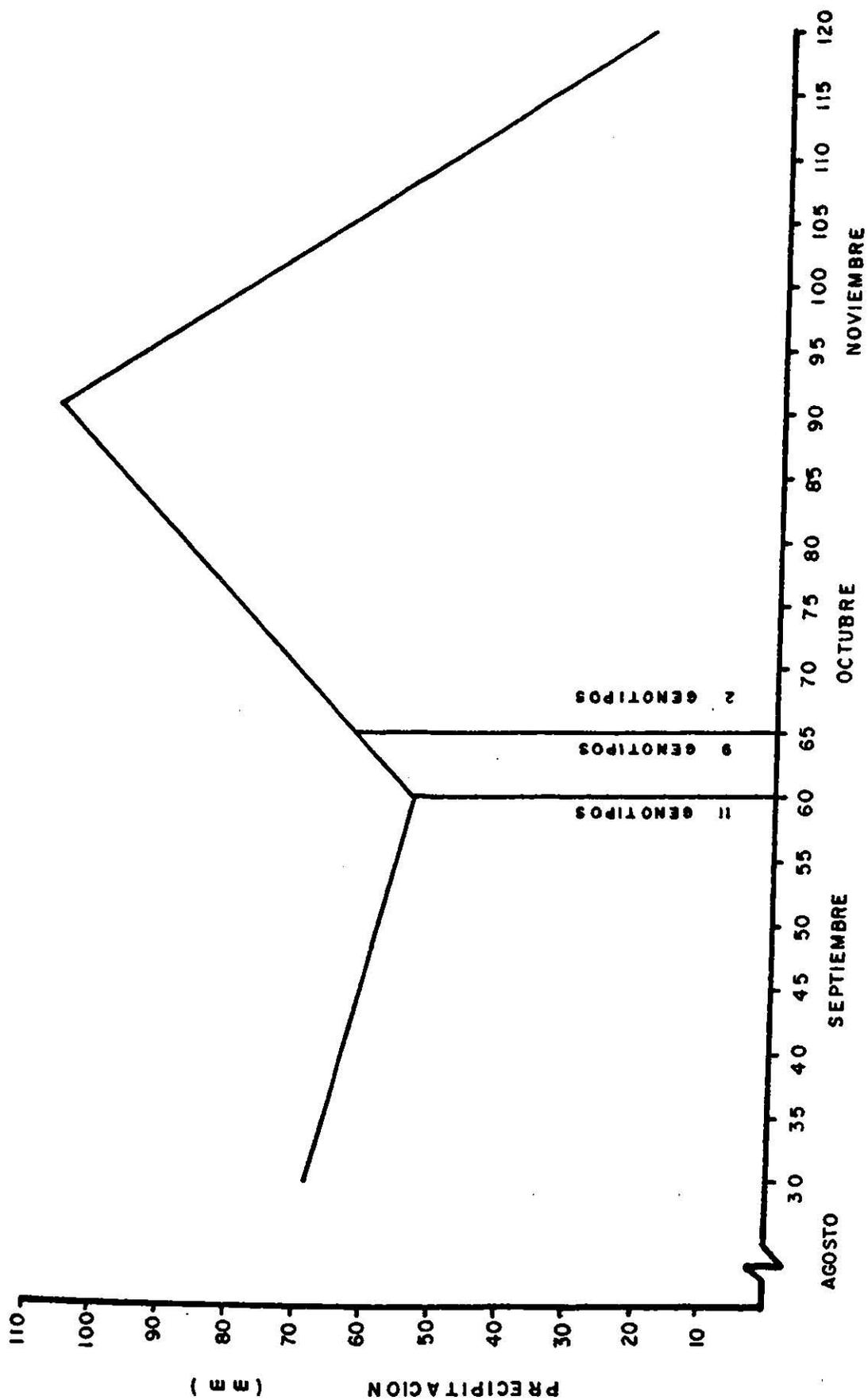


FIGURA 7. PRECIPITACION (mm) OCURRIDA EN MARIN, N.L., DURANTE EL CICLO VERANO 1978 Y DISTRIBUCION POR PRECOCIDAD DE GENOTIPOS DEL EXPERIMENTO 2. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

Por otro lado, en los dos ensayos de General Terán se observaron condiciones contrarias a la anterior localidad, ya que no se tuvieron problemas de fertilidad del suelo, aunado a que el terreno estaba "blanqueado"; además, durante el ciclo del cultivo no se apreciaron deficiencias de humedad (sobre todo para los genotipos precoces), puesto que las precipitaciones coincidieron con la casi totalidad de las medias de floración de los materiales (Figuras 8 y 9).

Enseguida se discuten los resultados por separado de cada carácter que se consideró en este estudio.

Rendimiento de grano

En función de los valores obtenidos para los parámetros de estabilidad del rendimiento de grano, se formaron tres grupos que fueron clasificados de acuerdo con Carballo y Márquez (1970) como sigue:

1) Clasificación a. En este grupo están incluidas 17 variedades, las cuales tienen un coeficiente de regresión igual a uno ($\hat{b}_i = 1$) y una desviación de regresión igual a cero ($\hat{S}^2_{d_i} = 0$),

De acuerdo con Eberhart y Russell (1966), estas variedades serían aceptables, puesto que su rendimiento será estable en los ambientes de prueba, ya sean restringidos o buenos; pero según lo propuesto por Carballo y Márquez (1970), las variedades más deseables serían: NL-VS-2, NL-VS-1, NL-H-5, Compuesto

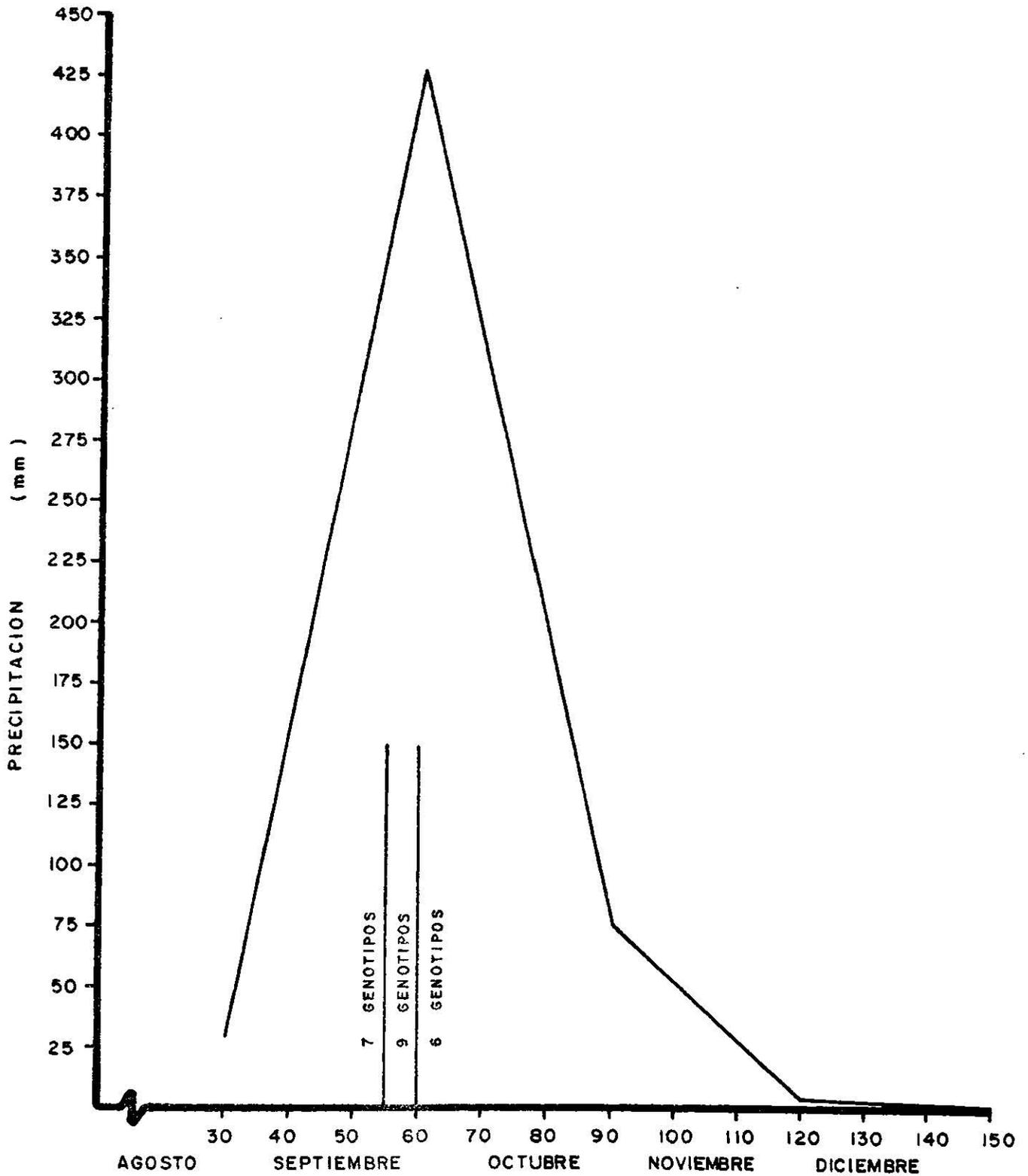


FIGURA 8. PRECIPITACION (mm) OCURRIDA EN GENERAL TERAN, N.L., DURANTE EL CICLO VERANO 1978 Y DISTRIBUCION POR PRECOCIDAD DE GENOTIPOS DEL EXPERIMENTO 1. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

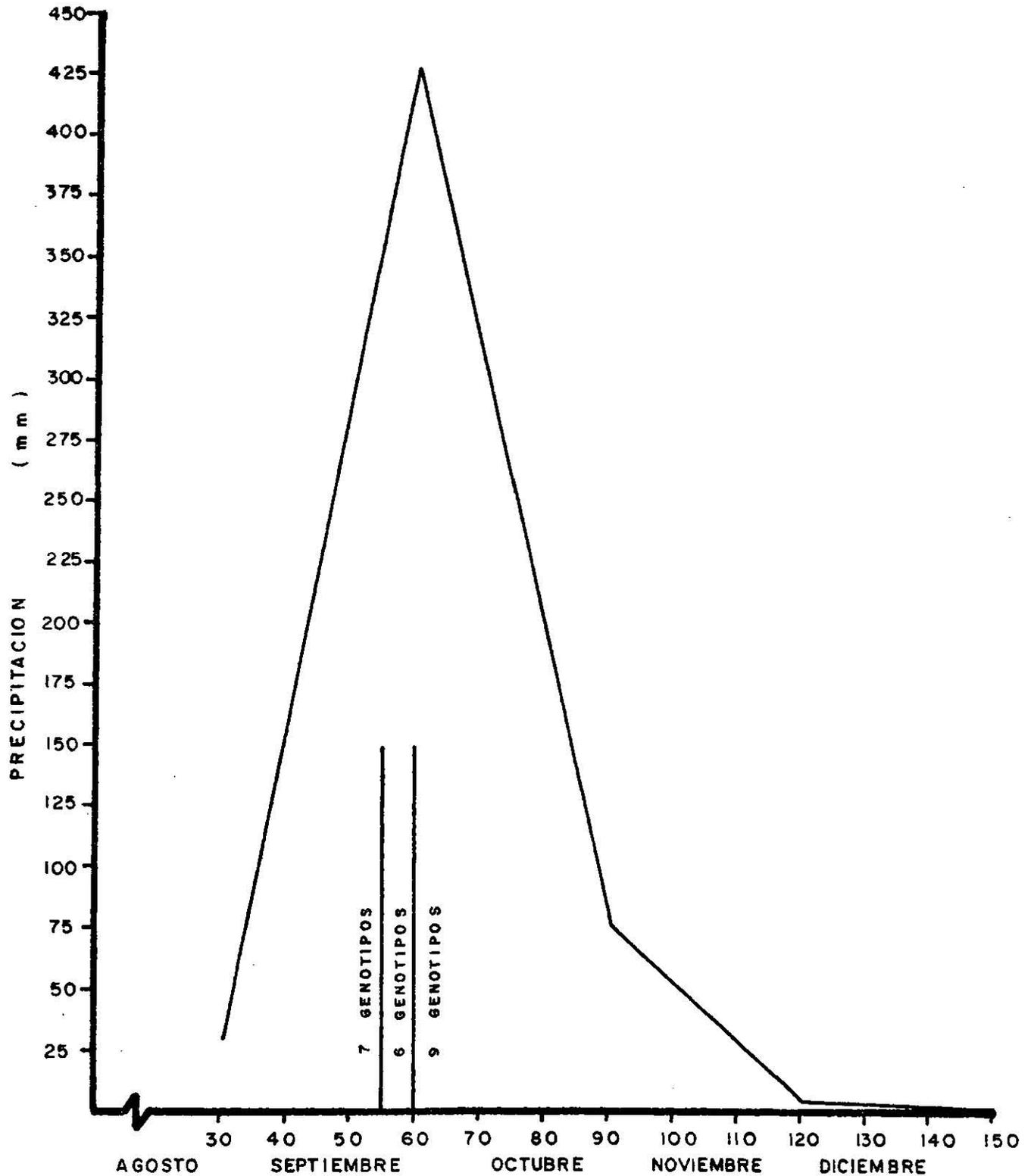


FIGURA 9. PRECIPITACION (mm) OCURRIDA EN GENERAL TERAN, N.L., DURANTE EL CICLO VERANO 1978 Y DISTRIBUCION POR PRECOCIDAD DE GENOTIPOS DEL EXPERIMENTO 2. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

Pinto Amarillo y Ranchero, ya que son las más rendidoras y estáticamente iguales en su producción, además de que reúnen los tres conceptos fundamentales para ser una variedad deseable: coeficiente de regresión igual a la unidad, desviación de regresión igual a cero y alto rendimiento.

Lo anterior indica que existen genotipos comerciales y experimentales con alta capacidad productiva y adaptabilidad para esta parte de las zonas bajas del Estado de Nuevo León.

2) Clasificación c. En éste se tiene a todas aquellas variedades que resultaron con un coeficiente de regresión menor que la unidad ($\hat{b}_i < 1$) y con una desviación de regresión igual a cero ($\hat{S}^2 d_i = 0$).

Por lo tanto, y de acuerdo con Carballo y Márquez (1970), son variedades que se comportan mejor en ambientes restringidos o pobres y consistentes en sus lugares de prueba. En este grupo se encuentran las variedades experimentales NL-U-10 y NL-U-21 que son tardías en cuanto a su precocidad.

Lo anterior indicaría que estas variedades no reducen tanto su rendimiento en ambientes pobres, como en el presente caso lo fue la localidad de Marín, N.L.

3) Clasificación e. Las variedades de este grupo obtuvieron un coeficiente de regresión mayor que la unidad ($\hat{b}_i > 1$) y con una desviación de regresión igual a cero ($\hat{S}^2 d_i = 0$). Lo antes mencionado indica que presentan alto rendimiento en ambien-

tes ricos y además son consistentes. Las variedades que pertenecen a esta clasificación son: Sintético Precoz y NL-U-127 (en sus dos tratamientos), siendo ambas precoces.

El comportamiento de estas variedades puede observarse en el Cuadro 7, en donde se tiene que estas variedades fueron de las que rindieron menos en la localidad de Marín, N.L. (ambiente pobre) y en la de General Terán, N.L. (ambiente bueno) mostraron un incremento notable en su producción.

El hecho de que existieran materiales inestables (grupos 2 y 3) marca en sí la interacción genotipo-ambiente, y en este caso se puede ver que muy posiblemente se debió a la oportunidad de las precipitaciones en las dos localidades, que afectó distintamente a los genotipos precoces y tardíos. Esto se puede notar en el Cuadro 2 y en las Figuras 6 y 7, en donde se tiene que en Marín hubo una precipitación total de 253.3 mm durante el ciclo y se presentó un período con problemas de humedad el cual coincidió con la floración de los genotipos en evaluación, afectando más a los precoces.

Por otro lado, en la localidad de General Terán se registraron buenas precipitaciones (544.4 mm) durante el ciclo, lo cual permitió el no tener problemas de carencia de humedad (Cuadro 3 y Figuras 8 y 9). Se puede decir que esta situación favoreció más a las variedades precoces, pues como se observa en el Cuadro 7, en esta localidad algunas variedades incrementaron su rendimiento (como es el caso de la NL-U-127 que mostró un incremento

de casi el 100%), mientras que en los tardíos también hubo aumentos, mas no tan considerables.

Lo anterior está de acuerdo con Robinson y Domingo (1953), citados por Wong (1979), quienes reportan que el déficit de humedad en el período anterior a floración y en la floración, redujeron el rendimiento de grano de maíz en 22% y 50%, respectivamente. Así también, el mismo autor cita a Denmead y Shaw (1960) quienes expusieron a una variedad de maíz a diferentes períodos de sequía en las etapas vegetativa, de floración y de llenado de grano, encontrando una reducción en el rendimiento de grano de 25%, 50% y 21%, respectivamente.

Por lo tanto, se puede considerar que la precipitación que se presentó en cada localidad, fue un factor importante para que se expresara adecuadamente el carácter rendimiento de grano, considerando a este factor ambiental como una variación "impredecible", de acuerdo con Allard y Bradshaw (1964).

Respecto a la cantidad de ambientes que se utilizaron para este estudio, se puede decir que fueron pocos. Al respecto, Juárez (1977), propone que se exploren entre cinco y 15 localidades, ya que una cantidad inferior a cinco trae implicaciones de tipo estadístico en la prueba de significancia de los coeficientes de regresión, mientras que si es mayor de 15 no representaría alguna ventaja adicional, sino más bien problemas de tipo práctico y económico para conducir tantas localidades. No obstante lo antes citado, en el presente trabajo se obtuvieron

diferencias estadísticas en las pruebas de hipótesis respectivas.

Días a floración

En lo que concierne a esta carácter, todas las variedades resultaron estables ($\hat{b}_i = 1$); las variedades que en valor numérico se acercaron más a la unidad en su coeficiente de regresión fueron en orden decreciente: Liebre, NL-U-30, NL-U-10 y Compuesto Blanco. Además, 19 variedades son consideradas como consistentes, pues su desviación de regresión fue igual a cero.

Las variedades que se comportaron como estables e inconsistentes ($\hat{b}_i = 1$ y $\hat{S}^2 d_i > 0$) fueron NL-U-12, NL-H-3 y NL-U-127 (tratamiento 6). Por lo tanto, estas tres variedades se considera que tienen buena respuesta en todos los ambientes, pero que también son inconsistentes.

Dicha inconsistencia es notoria al observar, en el Cuadro 10, los promedios de días a floración que las tres variedades presentaron en los cuatro ensayos. Tal comportamiento es difícil de explicar, pudiendo deberse a factores que influyeron en la floración de los materiales en cada ensayo, los cuales no pudieron ser detectados.

Sin embargo, el tener una desviación de regresión diferente a cero, solamente indica que la relación no es lineal, no aportando mayor información.

Altura de planta

En este carácter se encontró que para todas las variedades se tuvo un coeficiente de regresión igual a la unidad, por lo que son estables. Así también, de acuerdo con los valores de sus desviaciones de regresión, resultaron consistentes, exceptuando a la variedad NL-U-127 (tratamiento 7) que fue la única con una desviación de regresión diferente a cero, en forma estadística.

En términos generales, la mayoría de las variedades tuvieron una expresión menor en su altura en la localidad de Marín, incrementando el promedio de este carácter en General Terán. Esto está de acuerdo con las consideraciones generales hechas al principio de este capítulo, referente a las condiciones de baja fertilidad y deficiencias de humedad en Marín, las cuales son contrastantes con las que se tuvieron en General Terán. Lo anterior implica que en Marín no se tuvieron las condiciones adecuadas para que se expresaran mejor los genotipos en evaluación.

En el caso particular de la variedad NL-U-127, se considera que tiene una buena respuesta en todos los ambientes pero que es inconsistente, en función de sus parámetros de estabilidad. La inconsistencia se puede deber a varios factores, aunque es difícil precisarlos; por lo que la desviación de regresión diferente de cero, solamente indica que la relación no es lineal.

A manera de resumen y de acuerdo con los resultados obte-

nidos en el presente trabajo, en el Cuadro 15 se concentran los parámetros de estabilidad estimados para cada variedad en los tres caracteres considerados, así como su correspondiente clasificación.

En base a dicho Cuadro se puede apreciar el comportamiento de los genotipos estudiados. En términos generales, de los 22 tratamientos incluidos, 15 entran en la clasificación a, es decir, adaptables y consistentes para los tres caracteres ($\hat{b}_i=1$, $\hat{S}^2_{d_i} = 0$).

En cuanto al rendimiento de grano, solamente cinco variedades no tuvieron adaptabilidad general ($\hat{b}_i \neq 1$); mientras que en los otros dos caracteres, todas las variedades fueron adaptables ($\hat{b}_i = 1$).

En lo que concierne a la inconsistencia que mostraron los materiales considerando a los tres caracteres, se puede notar que cuatro genotipos resultaron inconsistentes ($\hat{S}^2_{d_i} \neq 0$), ninguno en rendimiento de grano, tres en días a floración y uno en altura de planta, no existiendo coincidencia entre ellos.

Si se observan los índices ambientales para cada característica (Cuadros 7, 10 y 13), podrá verse que en los dos ensayos de Marín fueron negativos para el rendimiento de grano y altura de planta y en los de General Terán fueron positivos, lo cual marca que Marín fue desfavorable para la expresión de estos caracteres.

CUADRO 15. CONCENTRACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD OBTENIDOS PARA LOS CARACTERES EN ESTUDIO, ASI COMO LA CLASIFICACION (SEGUN CARBALLO Y MARQUEZ, 1970) PARA CADA VARIEDAD. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD	RENDIMIENTO (kg/parcela)			DIAS A FLORACION			ALTURA DE PLANTA (cm)		
	\hat{b}_i	\hat{S}_{di}^2	(1)	\hat{b}_i	\hat{S}_{di}^2	(1)	\hat{b}_i	\hat{S}_{di}^2	(1)
1. NL-U-10	< 1	= 0	c	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
2. NL-U-12	= 1	= 0	a	= 1	≠ 0	b	= 1	= 0	a
3. NL-U-17	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
4. NL-U-21	< 1	= 0	c	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
5. NL-U-30	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
6. NL-U-127	> 1	= 0	e	= 0	≠ 0	b	= 1	= 0	a
7. NL-U-127	> 1	= 0	e	= 1	= 0	a	= 1	≠ 0	b
8. RANCHERO	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
9. RANCHERO	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
10. PILINQUE	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= a	= 0	a
11. C.P. AMARILLO	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
12. C. PRECOZ	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
13. LIEBRE	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
14. S. PRECOZ	> 1	= 0	e	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
15. C. BLANCO	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
16. B. PADILLA	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
17. SAN JUAN	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
18. NL-H-5	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
19. NL-H-3	= 1	= 0	a	= 1	≠ 0	b	= 1	= 0	a
20. H-412	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
21. NL-VS-1	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a
22. NL-VS-2	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a	= 1	= 0	a

(1) Clasificación de variedades según Carballo y Márquez (1970).

Además, en el carácter días a floración ocurrió lo contrario, o sea, positivos en Marín y negativos en General Terán, lo cual está de acuerdo con las condiciones ambientales de cada localidad; siendo desfavorable en Marín (como ya se ha mencionado), trajo como consecuencia el retraso en la floración, mostrando mayores medias en este carácter para todos los genotipos en general.

Se puede considerar que el tener en el mismo ensayo a variedades precoces, intermedias y tardías, pone en desventaja a los genotipos precoces en cuanto a densidad de población, competencia por luz, nutrientes, oportunidad de riegos o precipitación, etc., por lo que sería conveniente agrupar a las variedades por su precocidad en diferentes ensayos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos con las variedades y las metodologías empleadas, de las condiciones ambientales de las localidades de prueba, así como de la discusión de los mismos, se concluye lo siguiente:

1. Existen variedades experimentales cuya producción de grano es estadísticamente igual a la de las variedades comerciales.
2. Se detectó interacción genotipo-ambiente entre los materiales evaluados y las localidades de prueba.
3. Las variedades NL-U-10, NL-U-21, NL-U-127 y Sintético Precoz fueron inestables y consistentes en el carácter rendimiento de grano; las demás fueron estables.
4. En días a floración todas las variedades resultaron estables y solamente NL-U-12, NL-U-127 y NL-H-3 se comportaron como estables e inconsistentes.
5. Unicamente la variedad NL-U-127 fue estable e inconsistente en altura de planta; el resto resultó estable.
6. Las variedades más deseables fueron: NL-VS-1, NL-VS-2, NL-H-5, Compuesto Pinto Amarillo y Ranchero (alto rendimiento, estables y consistentes).
7. En ambientes buenos, las variedades precoces NL-U-127

y Sintético Precoz ofrecieron el mejor rendimiento; mientras que las variedades tardías NL-U-10 y NL-U-21 tuvieron una producción buena en ambientes malos.

8. La diferente oportunidad de las lluvias en las localidades fue un factor importante para que ciertos genotipos expresaran adecuadamente su potencial genético.

9. Los ambientes empleados no presentaron diferencias grandes para que los genotipos manifestaran una variación más influida por el ambiente.

De acuerdo con lo anterior, se presentan las recomendaciones siguientes:

1. Seguir evaluando los materiales por varios ciclos, aumentando las localidades de prueba dentro de las zonas bajas del Estado de Nuevo León.

2. Efectuar en las variedades experimentales un proceso de selección que involucre más ambientes, para así tratar de disminuir la interacción genotipo-ambiente.

3. Elegir terrenos uniformes y manejar adecuadamente los experimentos que se establezcan.

4. En futuras evaluaciones separar en cada ensayo los genotipos de acuerdo con su precocidad.

RESUMEN

Para obtener información sobre el comportamiento de variedades de maíz (*Zea mays* L.) en las Zonas Bajas del Estado de Nuevo León, se efectuó un estudio sobre la interacción genotipo-ambiente con los objetivos siguientes: 1) evaluar la producción de grano, la precocidad y la altura de planta de 20 variedades de maíz en dos localidades; 2) conocer los materiales por su estabilidad (en los tres caracteres), de acuerdo con los parámetros de Eberhart y Russell; 3) identificar las variedades que ofrezcan el mejor rendimiento en ambientes buenos, y aquellas que tengan una producción buena en ambientes malos.

Las localidades fueron Marín y General Terán, N.L., estableciendo dos ensayos en cada una; se consideró a cada ensayo como un ambiente distinto. En cada uno se evaluaron ocho variedades comerciales y 12 experimentales; éstas fueron generadas por el Programa de Maíz del PMMFS que desarrolla la Facultad de Agronomía de la UANL.

Se siguió la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966) para estimar los parámetros de estabilidad en cada carácter; además, en base a los valores obtenidos de los parámetros, se clasificó a las variedades de acuerdo con Carballo y Márquez (1970).

En función de los resultados encontrados y de la discusión de los mismos, se concluyó que: las variedades NL-U-10,

NL-U-21, NL-U-127 y Sintético Precoz fueron inestables y consistentes en rendimiento de grano, siendo las demás estables; en días a floración todas las variedades resultaron estables, exceptuando a NL-U-12, NL-U-127 y NL-H-3 que se comportaron como inconsistentes; sólo la variedad NL-U-127 fue inconsistente en altura de planta, el resto resultó estable; por ser de alto rendimiento, estables y consistentes las más deseables fueron NL-VS-1, NL-VS-2, NL-H-5, Compuesto Pinto Amarillo y Ranchero; en ambientes buenos, NL-U-127 y Sintético Precoz rindieron mejor y en ambientes malos fueron NL-U-10 y NL-U-21; la diferente oportunidad de las lluvias fue un factor importante para que ciertos genotipos expresaran adecuadamente su potencial genético.

Se recomienda seguir evaluando los materiales en varios ciclos y localidades, continuar la selección en las variedades experimentales involucrando más ambientes para tratar de disminuir la interacción genotipo-ambiente, manejar adecuadamente los experimentos y separar a los genotipos según su precocidad.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Allard, R.W. 1975. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. al Español por J.L. Montoya. Segunda edición. Ediciones Omega. Barcelona, España.
- Allard, R.W. and A.D. Bradshaw. 1964. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4:503-507.
- Bucio A., L. 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability. I: Inbred lines. *Heredity* 21:387-397.
- Carballo C., A. y F. Márquez S. 1970. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5:129-146.
- Comstock, R.E. and R.H. Moll. 1963. Genotype-environment interactions. Symposium on Statistical Genetics and Plant Breeding. Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Council. Washington, D.C. USA. pp. 164-196.
- COTECOCA. 1973. Coeficientes de agostadero. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México.
- Chávez Ch., J. 1977. Estabilidad del rendimiento de grano de avena (Avena sativa L.) en diferentes agrupamientos ambientales. Tesis de Maestría en Ciencias. CP, ENA. Chapingo, México.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6:36-40.
- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agr. Res.* 14:742-754.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- García G., R., J.L. Alanís M., M.A. Ibarra R., J.G. García G., J.A. Aguilar A. y J.A. Sánchez J. 1980. Marco de referencia regional (Primera aproximación). CAEGET, CIAGON. INIA, SARH. México.
- Gómez M., N. 1977. Estabilidad del rendimiento y delimitación de áreas del cultivo de sorgo para grano en México. Tesis de Maestría en Ciencias. CP, ENA. Chapingo, México.
- Hernández, T.L. 1972. Geografía del Estado de Nuevo León. Editorial Trillas. México.

- Jiménez C., A.A. 1979. Estabilidad del rendimiento y de algunos componentes fisiotécnicos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench). Tesis de Maestría en Ciencias. CP, ENA. Chapingo, México.
- 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. Sci.* 8:187-191.
- Joppa, L.R., L.K. Lebsack and R.H. Bush. 1971. Yield stability of selected spring wheat cultivars (Triticum aestivum L.) in the uniform regional nurseries, 1959 to 1968. *Crop. Sci.* 11:238-241.
- Juárez E., R. 1977. Interacción genotipo medio ambiente en la selección y recomendación de híbridos de sorgo de grano. Tesis de Maestría en Ciencia. CP, ENA. Chapingo, México.
- Lerner, N.I. 1964. La base genética de la selección. Trad. al Español por J.M. Soler C. Ediciones GEA. Barcelona, España.
- Livera M., M. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.) tolerantes al frío. Tesis de Maestría en Ciencias. CP, ENA. Chapingo, México.
- Loma, J.L. de la. 1966. Experimentación agrícola. Segunda Edición. Editorial UTEHA. México.
- Márquez S., F. 1973. Relationship between genotype-environment interaction and stability parameters. *Crop. Sci.* 13:577-579.
- Márquez S., F. 1976. El problema de la interacción genético-ambiental en genotecnia vegetal. Editorial PATENA, A.C. UACH. Chapingo, México.
- Martínez R., L.A., C. Salazar T., A.F. Gámez C. y A. Martínez P. 1981. Tercer informe anual del Proyecto de Maíz del Sur de Nuevo León. INIA-PIDER. Monterrey, N.L. México.
- Mejía, A. 1971. Selección de genotipos de maíz por rendimiento y estabilidad para áreas de temporal del Valle de Puebla. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, México.
- Moll, R.H. and C.W. Stuber. 1974. Quantitative genetics-empirical results relevant to plant breeding. *Advances in Agronomy.* 26:277-313.
- Mulleried, F.K.G. 1946. Geología del Estado de Nuevo León. Universidad de Nuevo León. Monterrey, N.L., México.
- Palau A., L.J. 1977. Estudio de la calidad de agua de riego de la región Lanura Costera del Golfo del Estado de Nuevo León.

Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, UANL. México.

- Palomo G., A. 1974. Interacción genotipo-medio ambiente y parámetros de estabilidad en variedades de algodón (Gossypium hirsutum L.) para la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría en Ciencias. CP, ENA. Chapingo, México.
- Plaisted, R.L. 1960. A short method for evaluating the ability of selections yield consistently over locations. *American Potato Journal*. 37:166-172.
- Rojas M., P. 1965. Generalidades sobre la vegetación del Estado de Nuevo León y datos acerca de su flora. Tesis de Doctor en Biología. UNAM. México.
- Sánchez G., J. de J. 1977. Efecto de niveles de divergencia genética y factores ambientales en la expresión fenotípica de variedades sintéticas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. CP, ENA. Chapingo, México.
- Seceñas Ch., V. 1977. Estudio de la calidad de agua de riego de las regiones Sierra Madre Oriental y Altiplanicie del Estado de Nuevo León. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, UANL. México.
- Williams A., H. 1976. Estimación de la heredabilidad y herencia de la altura de la mazorca de maíz (Zea mays L.) de la cruza intervarietal NL-VS-1 X V-124 (Tuxpeño porte bajo), en tres localidades del noreste de México. Tesis de Maestría en Ciencias. I.T.E.S.M. Programa de Graduados. Monterrey, N.L. México.
- Wong R., R. 1979. Comportamiento de las características agronómicas, índices fisiológicos y patrones de crecimiento de 50 genotipos de sorgo bajo el esquema riego-sequía. Tesis de Maestría en Ciencias. CP, Chapingo, México.

APENDICE 1

Desarrollo del método

Se hace una descripción detallada del análisis de varianza para obtener los parámetros de estabilidad del carácter rendimiento de grano (kg/parcela), de la evaluación de 22 genotipos de maíz en cuatro ambientes de las Zonas Bajas de Nuevo León.

En el Cuadro 16 se presentan los rendimientos promedio que se obtuvieron en los cuatro experimentos de las 22 variedades evaluadas. En el Cuadro 17 se interpretan los datos usando la simbología aplicada en el análisis. En el Cuadro 18 se encuentra el análisis de varianza que es utilizado para la determinación de los parámetros de estabilidad.

Análisis estadístico

$$1. \quad \text{S.C. total} = \sum_i \sum_j y_{ij}^2 - \frac{(\sum_i \sum_j y_{ij})^2}{VA}$$

Es la resultante de la diferencia de la sumatoria de cada promedio de las variedades elevadas al cuadrado en todos los ambientes, menos el factor de corrección y éste vendría siendo.

$$FC = \frac{(\sum_i \sum_j y_{ij})^2}{VA}$$

y realizando la fórmula:

CUADRO 16. CONCENTRACION DE RENDIMIENTO (kg/PARCELA) PROMEDIO DE 22 VARIETADES EN CUATRO AMBIENTES DE PRUEBA. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIETADES	A M B I E N T E S				SUMA	\bar{Y}_j
	M_1	M_2	T_1	T_2		
1. NL-U-10	6.467	6.193	7.223	6.713	26.596	6.649
2. NL-U-12	4.697	5.473	7.749	7.006	24.925	6.231
3. NL-U-17	5.512	5.245	7.700	7.564	26.021	6.505
4. NL-U-21	5.661	5.369	6.450	6.718	24.198	6.049
5. NL-U-30	5.180	5.773	8.046	7.392	26.391	6.598
6. NL-U-127	3.872	3.931	6.809	7.211	21.823	5.456
7. NL-U-127	3.392	3.677	6.477	6.369	19.915	4.979
8. RANCHERO	6.498	5.677	7.846	7.388	27.409	6.852
9. RANCHERO	5.731	5.295	6.934	7.302	25.262	6.315
10. PILINQUE	4.517	4.933	6.696	6.562	22.708	5.677
11. C. P. AMARILLO	4.781	6.116	8.032	8.585	27.518	6.879
12. C. PRECOZ	4.704	5.469	8.425	7.263	25.861	6.465
13. LIEBRE	4.686	5.418	6.490	6.159	22.753	5.688
14. S. PRECOZ	4.589	4.408	6.995	6.818	22.810	5.703
15. C. BLANCO	6.096	5.909	7.610	7.743	27.358	6.840
16. B. PADILLA	5.503	5.711	7.268	7.454	25.936	6.484
17. SAN JUAN	5.187	5.681	7.749	7.489	26.106	6.526
18. NL-H-5	5.949	5.189	8.313	8.401	27.852	6.963
19. NL-H-3	6.357	5.467	6.782	6.668	25.274	6.318
20. H-412	6.366	5.639	7.261	6.302	25.568	6.392
21. NL-VS-1	6.027	6.951	7.426	8.324	28.728	7.182
22. NL-VS-2	7.171	6.232	7.739	8.305	29.447	7.362
S U M A	118.943	119.756	162.020	159.736	560.455	
PROMEDIO DEL AMBIENTE $\bar{Y}_j =$	5.406	5.443	7.364	7.260		
INDICE AMBIENTAL $I_j =$	-.962	-.925	.995	.892		

CUADRO 17. INTERPRETACION DE LOS DATOS SIMBOLIZANDO LOS RESULTADOS UTILIZADOS EN EL ANA-
LISIS. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIETADES	AMBIENTES $j = 1 \dots n$				
	A_1	A_2	$A_3 \dots$	A_n	$\Sigma_j Y_{ji}$
V_1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{1n}	$\Sigma_j Y_{1j} \dots$
V_2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{2n}	$\Sigma_j Y_{2j} \dots$
V_3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{3n}	$\Sigma_j Y_{3j} \dots$
V_4	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{4n}	$\Sigma_j Y_{4j} \dots$
V_5	Y_{51}	Y_{52}	Y_{53}	Y_{5n}	$\Sigma_j Y_{5j} \dots$
.
.
.
V_V	Y_{V1}	Y_{V2}	Y_{V3}	Y_{Vn}	$\Sigma_j Y_{Vj} \dots$
$\Sigma_i Y_{ij}$	$\Sigma_i Y_{i \cdot 1}$	$\Sigma_i Y_{i \cdot 2}$	$\Sigma_i Y_{i \cdot 3}$	$\Sigma_i Y_{i \cdot 4}$	$\Sigma_i \Sigma_j Y_{ij} \dots$
$\Sigma_i I_{i \cdot j}$	$I_{i \cdot 1}$	$I_{i \cdot 2}$	$I_{i \cdot 3}$	$I_{i \cdot n}$	

CUADRO 18. ANALISIS DE VARIANZA APROPIADO PARA LA ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD ($\hat{\beta}^2$ y \hat{S}_{di}^2). PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ. i y \hat{S}_{di}^2

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
TOTAL	nv - 1	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - FC$	
VARIETADES (V)	v - 1	$\frac{1}{n} \sum_i Y_i^2 - FC$	CM ₁
AMBIENTE (A)	(v-1) $\left\{ \begin{matrix} n-1 \\ (n-1) \end{matrix} \right\}$	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \sum Y_i^2 / n$	
AMBIENTE (LINEAL)	1	$\frac{1}{v} (\sum_j Y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
V X A (LINEAL)	v-1	$\sum_i \{ (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 \} - SCA (lin)$	CM ₂
DESVIACIONES CONJUNTAS	v - (n-2)	$\sum_i \sum_j S_{ij}^2$	CM ₃
Variedad 1	n-2		
.	.		
.	.		
Variedad v	n-2	$\{ \sum_j Y_{vj}^2 - \frac{(\sum Y_{.j})^2}{n} \} - (\sum_h Y_{vh} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
ERROR CONJUNTO	n(r-1) (v-1)		

$$\text{S.C. Total} = (6.467)^2 + (4.697)^2 + \dots + (8.305)^2 - \frac{(6.467 + 4.697 + \dots + 8.305)^2}{22 \times 4}$$

$$\text{S.C. Total} = 3695.74 - 3569.43 = 126.31$$

$$2. \quad \text{S.C. variedades} = \frac{\sum_i Y_i^2}{A} - \frac{(\sum_i \sum_j Y_{ij})^2}{VA}$$

Es la diferencia que hay en la suma de los promedios de la i -ésima variedad en todos los ambientes elevados al cuadrado y el factor de corrección.

$$\text{S.C. Variedades} = \frac{(26.596)^2 + (24.925)^2 + \dots + (29.447)^2}{A} - \frac{(\sum_i \sum_j Y_{ij})^2}{VA}$$

$$\text{S.C. Variedades} = \frac{14392.99}{4} - \frac{(560.455)^2}{88}$$

$$\text{S.C. Variedades} = 3598.24 - 3569.43$$

$$\text{S.C. Variedades} = 28.81$$

$$3. \quad \text{S.C. Residual} = \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{\sum_i Y_i^2}{A}$$

Viene siendo en la fuente de variación del Cuadro 18 de análisis de varianza, la suma de cuadrados para los ambientes. Este es el resultado obtenido de la diferencia de la suma de cuadrados totales menos la suma de cuadrados para variedades.

$$\text{S.C. Residual} = \{(6.467)^2 + (4.697)^2 + \dots (8.324)^2 + (8.305)^2\} \\ + \frac{\{(26.596)^2 + (24.925)^2 \dots + (29.447)^2\}}{4}$$

$$\text{S.C. Residual} = 3695.74 - 3598.24$$

$$\text{S.C. Residual} = 97.50$$

$$4. \quad \text{S.C. Ambiente (Lineal)} = 1/v(\sum_j Y_{.j} I_1)^2 / \sum_j I_j^2$$

a) Se estimarán primero los índices ambientales I_j .

$$I_1 = \frac{(6.467 + \dots + 7.171)}{22} - \frac{(26.596 + \dots + 29.447)}{88}$$

$$I_1 = \frac{(118.943)}{22} - \frac{(560.455)}{88}$$

$$I_1 = -.962$$

$$I_2 = \frac{(6.193 + \dots + 6.232)}{4} - \frac{(26.596 + \dots + 29.447)}{88}$$

$$I_2 = \frac{(119.756)}{4} - \frac{(560.455)}{88}$$

$$I_2 = -.925$$

$$I_3 = \frac{(7.223 + \dots + 7.739)}{22} - \frac{(560.455)}{88}$$

$$I_3 = \frac{(162.020)}{22} - \frac{(560.455)}{88}$$

$$I_3 = .995$$

$$I_4 = \frac{(6.713 + \dots + 8.305)}{22} - \frac{(560.455)}{88}$$

$$I_4 = \frac{(159.736)}{22} - \frac{(560.455)}{88}$$

$$I_4 = .892$$

Es decir el índice ambiental I_j es la desviación de la media de todas las variedades en el ambiente j menos la media de todas las variedades en todos los ambientes por lo tanto:

$$\sum_j I_j = 0.$$

b) Elevando cada índice ambiental al cuadrado y sumándolos tendremos:

$$\sum_j I_j^2 = (-.962)^2 + (-.925)^2 + (.995)^2 + (.892)^2$$

$$\sum_j I_j^2 = 3.567$$

Regresando a la suma de cuadrados del ambiente (lineal) obtendremos:

$$\begin{aligned} \text{S.C.A. (lineal)} &= \frac{1}{22} (5.406 \times -.962) + (5.443) \times (-.925) \\ &+ (7.364 \times .995) + (7.260 \times .892) = \\ &\frac{1}{22} (3.567)^2 / 3.567 \end{aligned}$$

$$\text{S.C.A. (lineal)} = .162$$

5. Calculando la suma de cuadrados de la regresión genético-ambiental (lineal)

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

Conociendo $\sum_j I_j^2 = 3.567$ y la S.C.A. (lineal = .162

a) Se estima $\sum_j Y_{ij} I_j$ siendo la sumatoria del producto del rendimiento promedio de la i -ésima variedad de cada uno de los ambientes por su índice ambiental.

$$\sum_j Y_1 I_j = 6.467 (-.962) + \dots + 6.713 (.892) = 1.225$$

$$\sum_j Y_2 I_j = 4.697 (-.962) + \dots + 7.006 (.892) = 4.378$$

$$\sum_j Y_3 I_j = 5.512 (-.962) + \dots + 7.564 (.892) = 4.255$$

$$\sum_j Y_4 I_j = 5.661 (-.962) + \dots + 6.718 (.892) = 1.998$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad =$$

$$\sum_j Y_{22} I_j = 7.171 (-.962) + \dots + 8.305 (.892) = 2.445$$

b) Los valores obtenidos para cada variedad se elevan al cuadrado y se dividen entre la varianza del índice ambiental

$$\sum_j I_j^2 .$$

$$V_1 = (1.225)^2 / 3.567 = 0.420$$

$$V_2 = (4.378)^2 / 3.567 = 5.375$$

$$V_3 = (4.255)^2 / 3.567 = 5.074$$

$$V_4 = (1.998)^2 / 3.567 = 1.119$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad =$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad =$$

$$\begin{aligned}
 & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad = \\
 & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad = \\
 V_{20} &= (1.506)^2 / 3.467 = 0.636 \\
 V_{21} &= (2.586)^2 / 3.567 = 1.874 \\
 V_{22} &= (2.445)^2 / 3.567 = \underline{1.676} \\
 & \Sigma_i (\Sigma_j Y_{ij} I_j)^2 = 90.14
 \end{aligned}$$

Los valores obtenidos se suman y tendremos $\Sigma (\Sigma_j Y_{ij} I_j)^2$ como resultado total de la S.C. V X A (lineal)

$$\begin{aligned}
 \text{S.C. V X A (lineal)} &= \Sigma_i (\Sigma_j Y_{ij} I_j)^2 / \Sigma_j I_j^2 - \text{S.C.A.} \\
 & \text{(lineal)} \\
 &= 90.14 - .162 \\
 &= 89.978
 \end{aligned}$$

6. La suma de cuadrados de las desviaciones ponderadas $\Sigma_i \Sigma_j d_{ij}^2$ resulta de restar la suma de cuadrados residuales, suma de cuadrados de los ambientes (lineal) y la interacción genético-ambiental (lineal):

$$\begin{aligned}
 \Sigma_i \Sigma_j d_{ij}^2 &= (\Sigma_i \Sigma_j Y_{ij}^2 - \Sigma Y_i^2 / N) - \frac{1}{V} (\Sigma_j Y_{.j} I_j)^2 / \Sigma_j I_j^2 - \\
 & \Sigma_i \{ (\Sigma_j Y_{ij} I_j)^2 / \Sigma_j I_j^2 \} - \text{S.C.A. (lineal)}
 \end{aligned}$$

o sea:

$$\begin{aligned}
 &= \text{S.C. Residuales} - \text{S.C.A. (lineal)} - \text{S.C. V X A (lineal)} \\
 &= 97.50 - .162 - 89.978 =
 \end{aligned}$$

S.C. de las desviaciones ponderadas = 7.36

a) La suma de cuadrados de las desviaciones ponderadas se descomponen en la suma de cuadrados de desviaciones de regresión $\Sigma_j \hat{d}_{ij}^2$ para cada una de las variedades.

$$\Sigma_j \hat{d}_{ij}^2 = \left\{ \Sigma_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_{i.}^2}{N} \right\} - (\Sigma_j Y_{ij} I_j)^2 / \Sigma_j I_j^2$$

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

$$\Sigma_j \hat{d}_{1j}^2 = \{ (6.467)^2 + (6.193)^2 + \dots + (6.713)^2 \} - (6.467 + \dots + 6.713)^2 / 4$$

$$\Sigma_j \hat{d}_{2j}^2 = \{ (4.697)^2 + (5.473)^2 + \dots + (7.006)^2 \} - (4.697 + \dots + 6.713)^2 / 4$$

$$\Sigma_j \hat{d}_{3j}^2 = \{ (5.512)^2 + (5.245)^2 + \dots + (7.564)^2 \} - (5.512 + \dots + 7.564)^2 / 4.$$

. . .

$$\Sigma_j \hat{d}_{20j}^2 = \{ (6.366)^2 + (5.639)^2 + \dots + (6.302)^2 \} - (6.366 + \dots + 6.302)^2 / 4$$

$$\Sigma_j \hat{d}_{21j}^2 = \{ (6.027)^2 + (6.951)^2 + \dots + (8.324)^2 \} - (6.027 + \dots + 8.324)^2 / 4$$

$$\sum_j \hat{d}_{22j}^2 = \{(7.171)^2 + (6.232)^2 + \dots + (8.305)^2\} + (7.171 + \dots + (8.305)^2/4.$$

b) Los resultados de lo anterior se presenta la suma de cuadrados de regresión para la i-ésima variedad $(\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$, obtenida en el punto 5, inciso b, se tiene:

$$S.C. V_1 = 0.574 - 0.421 = .154$$

$$S.C. V_2 = 5.832 - 5.373 = .460$$

$$S.C. V_3 = 5.123 - 5.073 = .050$$

$$S.C. V_4 = 1.221 - 1.119 = .102$$

$$S.C. V_5 = 5.418 - 5.127 = .290$$

$$S.C. V_6 = 9.745 - 9.581 = .164$$

$$S.C. V_7 = 8.389 - 8.367 = .022$$

$$S.C. V_8 = 2.781 - 2.283 = .498$$

$$S.C. V_9 = 2.738 - 2.256 = .213$$

$$S.C. V_{10} = 3.720 - 3.647 = .074$$

$$S.C. V_{11} = 9.168 - 8.154 = 1.015$$

$$S.C. V_{12} = 8.571 - 7.809 = .764$$

$$S.C. V_{13} = 1.941 - 1.658 = .284$$

$$S.C. V_{14} = 5.830 - 5.804 = .026$$

$$S.C. V_{15} = 2.828 - 2.778 = .051$$

$$S.C. V_{16} = 3.115 - 3.060 = .055$$

$$S.C. V_{17} = 4.930 - 4.819 = .111$$

$$S.C. V_{18} = 8.065 - 7.706 = .359$$

$$S.C. V_{19} = 1.063 - 0.650 = .413$$

$$S.C. V_{20} = 1.330 - 0.635 = .696$$

$$S.C. V_{21} = 2.751 - 1.875 = .877$$

$$S.C. V_{22} = 2.344 - 1.676 = .667$$

Se concentran los resultados obtenidos para la suma de cuadrados de la fuente de variación indicada en la tabla de análisis de varianza que se encuentra en el Cuadro 18.

El cuadrado medio del error conjunto δ_e^2/r , se calcula sumando las S.C. del error experimental de los análisis de varianza para cada experimento evaluado. La resultante se divide entre el total de los grados de libertad del error experimental de cada uno de los experimentos, lo que resulte de esta ecuación se divide entre el número de repeticiones promedio consideradas en los experimentos realizados, o sea:

$$\delta_e^2 = \frac{G.L._1 \delta_{e1}^2 + G.L._2 \delta_{e2}^2 + \dots + G.L._N \delta_{eN}^2}{G.L._1 + G.L._2 + \dots + G.L._N}$$

como $G.L. \delta_{e_i}^2 = S.C. e_i$ se tendrá por semejanza:

$$\delta_e^2 = \frac{S.C. e_1 + S.C. e_2 + \dots + S.C. e_N}{G.L._1 + G.L._2 + \dots + G.L._N}$$

$$\delta_e^2 = \Sigma_j S.C. e_j / \Sigma_j G.L._j$$

Donde:

$S.C. e_j$ = Es la suma de cuadrados del error del experimento.

r = Al promedio de las repeticiones de los distintos experimentos, o sea:

$$r = \sum_j r_j / N$$

Aplicando la ecuación:

Ambientes	G.L.E.	S.C.E.
Marín I	41	34.69
Marín II	62	46.13
Terán III	65	46.61
Terán IV	65	37.77
	233	165.21

$$\delta_e^2/r = \text{C.M.E.C.} = \frac{\sum_k^2 = \text{S.C.E.}_k/r}{N}$$

$$k = 1, 2 \dots t$$

$$N = \text{G.L.}_1 + \text{G.L.}_2 + \dots + \text{G.L.}_N$$

$$= \frac{165.21/4}{233} = \frac{41.30}{233} = .177$$

$$\delta_e^2/r = .177$$

En el Cuadro 19, se concentran los resultados obtenidos para el análisis de varianza, de los parámetros de estabilidad.

La estimación del coeficiente de regresión para cada variedad se estima:

$$\beta_i = \sum_j Y_{ij} I_j / \sum_j I_j^2$$

$\beta_i = b_i$ estima la regresión del rendimiento de una variedad sobre los índices ambientales.

CUADRO 19. ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE GRANO (kg/PARCELA). PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. C.	F. TEORICA	
					0.01	0.01
TOTAL	87	126.31				
VAR (V)	21	28.81	1.37	8.20**	1.94	1.61
AMB (N)	3	66	97.50			
V X A	63					
AMBS (LIN.)	1	0.162				
V X A (LIN.)	21	90.14	4.29	25.78**	1.94	1.61
DES. CONJ.	44	7.36	.167	.94		
VAR. 1	2	.154	.077	.43	4.70	3.03
VAR. 2	2	.460	.230	1.29	4.70	3.03
VAR. 3	2	.050	.025	.14	4.70	3.03
VAR. 4	2	.102	.051	.28	4.70	3.03
VAR. 5	2	.290	.145	.82	4.70	3.03
VAR. 6	2	.164	.082	.46	4.70	3.03
VAR. 7	2	.022	.011	.06	4.70	3.03
VAR. 8	2	.498	.216	1.22	4.70	3.03
VAR. 9	2	.213	.106	.60	4.70	3.03
VAR. 10	2	.074	.036	.20	4.70	3.03
VAR. 11	2	1.015	.534	3.02	4.70	3.03
VAR. 12	2	.764	.382	2.15	4.70	3.03
VAR. 13	2	.283	.141	.80	4.70	3.03
VAR. 14	2	.026	.013	.07	4.70	3.03
VAR. 15	2	.059	.025	.14	4.70	3.03
VAR. 16	2	.055	.027	.15	4.70	3.03
VAR. 17	2	.111	.056	.31	4.70	3.03
VAR. 18	2	.359	.179	1.01	4.70	3.03
VAR. 19	2	.413	.206	1.16	4.70	3.03
VAR. 20	2	.696	.347	1.96	4.70	3.03
VAR. 21	2	.877	.438	2.47	4.70	3.03
VAR. 22	2	.669	.334	1.88	4.70	3.03
E. CONJ.	233		.177			

** = Altamente significativo al 0.01.

$\sum_j Y_{ij} I_j$ se conoce cuando se calcula la S.C. V X A (lineal)
 y $\sum_j I_j^2$ cuando se estimó la S.C.A. (lineal)

Por lo tanto: $b_i = \sum_j Y_{ij} I_j / \sum_j I_j^2$

$$b_1 = 1.225 / 3.567 = 0.34$$

$$b_2 = 4.378 / 3.567 = 1.23$$

$$b_3 = 4.255 / 3.567 = 1.19$$

$$b_4 = 1.998 / 3.567 = 0.56$$

$$b_5 = 4.277 / 3.567 = 1.20$$

$$b_6 = 5.848 / 3.567 = 1.64$$

$$b_7 = 5.463 / 3.567 = 1.53$$

$$b_8 = 2.895 / 3.567 = 0.81$$

$$b_9 = 3.002 / 3.567 = 0.84$$

$$b_{10} = 3.608 / 3.567 = 1.01$$

$$b_{11} = 5.394 / 3.567 = 1.51$$

$$b_{12} = 5.279 / 3.567 = 1.48$$

$$b_{13} = 2.432 / 3.567 = 0.68$$

$$b_{14} = 4.551 / 3.567 = 1.27$$

$$b_{15} = 3.149 / 3.567 = 0.88$$

$$b_{16} = 3.305 / 3.567 = 0.93$$

$$b_{17} = 4.147 / 3.567 = 1.16$$

$$b_{18} = 5.244 / 3.567 = 1.47$$

$$b_{19} = 1.524 / 3.567 = 0.43$$

$$b_{20} = 1.506 / 3.567 = 0.42$$

$$b_{21} = 2.586 / 3.567 = 0.72$$

$$b_{22} = 2.445 / 3.567 = 0.69$$

Para calcular las desviaciones de regresión para cada variedad:

$$s^2_{d_i} = (\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2 / N-2) - s^2_{e/r}$$

El primer sumando se calcula:

$$\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2 = \left\{ \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_{i.}^2}{N} \right\} - (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$$

o sea $\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2$ es la suma de cuadrados de las desviaciones de regresión lineal para cada variedad. $s^2_{e/r}$, es el cuadrado medio del error ponderado, por lo cual se tiene:

$$\hat{\delta}_{d_i}^2 = (\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2 / N-2) - s^2_{e/r}$$

$$\hat{\delta}_{d_1}^2 = (.154/2) - 0.177 = -.100$$

$$\hat{\delta}_{d_2}^2 = (.457/2) - 0.177 = .051$$

$$\hat{\delta}_{d_3}^2 = (.048/2) - " = -.153$$

$$\hat{\delta}_{d_4}^2 = (.102/2) - " = -.126$$

$$\hat{\delta}_{d_5}^2 = (.291/2) - " = -.031$$

$$\hat{\delta}_{d_6}^2 = (.164/2) - " = -.095$$

$$\hat{\delta}_{d_7}^2 = (.027/2) - " = -.165$$

$$\cdot \quad \cdot \quad " \quad =$$

$$\hat{\delta}_{d_{16}}^2 = (.055/2) - " = .098$$

$$\hat{\delta}_{d_{17}}^2 = (.112/2) - " = -.121$$

$$\hat{\delta}_{d_{18}}^2 = (.360/2) - " = .003$$

$$\begin{aligned}\hat{\delta d}_{19}^2 &= (.413/2) - \quad " \quad = .029 \\ \hat{\delta d}_{20}^2 &= (.695/2) - \quad " \quad = .170 \\ \hat{\delta d}_{21}^2 &= (.877/2) - \quad " \quad = .261 \\ \hat{\delta d}_{22}^2 &= (.668/2) - \quad " \quad = .157\end{aligned}$$

Prueba de significancia

I. La significancia de las diferencias entre medias varietales (Hipótesis nula; $H_0: V_1 = V_2 \dots, V_v$) puede ser probado por "F".

$$F = CM_1/CM_3$$

donde:

CM_1 = Cuadrado Medio de variedades

CM_3 = Cuadrado Medio de desviaciones ponderadas

por lo tanto:

$$F = 1.37/.166$$

$$F = 8.25^{**}$$

II. La prueba aproximada de que no existe diferencias genéticas entre las variedades para su regresión sobre los índices ambientales ($H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_v$) se hace mediante la prueba "F".

$$F = CM_2/CM_3$$

donde:

CM_2 = CM de V X A (lineal).

por lo tanto:

$$F = 4.28/.166$$

$$F = 25.78^{**}$$

III. La hipótesis de que los coeficientes de regresión para cada variedad no difieren de la unidad se prueba mediante "t".

donde:

$$t \text{ cal.} = \frac{\hat{b}_i - 1}{S\hat{b}_i}$$

donde:

$$b_i = \beta_i \text{ para cada variedad}$$

$$\delta_{bi}^2 = \frac{\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2 / N-2}{\sum_j I_j^2}$$

y $\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2 / N-2$ = Es el cuadrado medio de cada variedad

$\sum_j I_j^2$ = Es la sumatoria de los índices ambientales elevados al cuadrado.

Por lo tanto se tiene:

$$\begin{array}{rcl} \delta_{b_1}^{\hat{}} & = & \sqrt{.076/3.567} = 0.146 \\ \delta_{b_2}^{\hat{}} & = & .228/3.567 = 0.253 \\ \delta_{b_3}^{\hat{}} & = & .024/3.567 = 0.824 \\ \cdot & & = \cdot \end{array}$$

$$\begin{aligned}\hat{\delta}b_{21} &= .438/3.569 = 0.350 \\ \hat{\delta}b_{22} &= .334/3.569 = 0.306\end{aligned}$$

Conociendo $\beta_1 = b_1$ para cada variedad y restándole la undad, se ejecuta la fórmula para "t" cal. y se obtendrá:

$$\begin{aligned}t_1 \text{ cal.} &= -0.66/0.146 = -4.48 \\ t_2 \text{ cal.} &= 0.23/0.253 = 0.90 \\ t_3 \text{ cal.} &= 0.19/0.084 = 2.26 \\ &\cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad = \quad \cdot \\ &\cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad = \quad \cdot \\ &\cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad = \quad \cdot \\ &\cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad = \quad \cdot \\ &\cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad = \quad \cdot \\ t_{21} \text{ cal.} &= -0.28/0.350 = -0.80 \\ t_{22} \text{ cal.} &= -0.32/0.306 = -1.01\end{aligned}$$

En el Cuadro 20 se presentan los datos obtenidos para t cal., t de las tablas (N-2, G.L.), con sus niveles de significancia y su hipótesis.

IV. La hipótesis de que las desviaciones de regresión, son iguales a cero ($H_0; \delta b_1 = 0, \dots, \delta b_n = 0$), se prueba mediante:

$$F \text{ cal.} = (\sum_j \hat{d}_{ij}^2 / N-2) / \delta_e^2 / r$$

donde:

$$(\sum_j \hat{d}_{ij}^2 / N-2) = \text{Cuadrado medio para cada variedad}$$

$$\delta_e^2 / r = \text{Cuadrado medio del error conjunto}$$

por lo que se tiene:

CUADRO 20. VALORES DE T. CAL. Y T TABLAS PARA CADA UNA DE LAS VARIETADES EVALUADAS CON SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 0.01 y 0.05 CON SU RESPECTIVA PRUEBA. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD	T CAL.	F. TABLAS		H ₀
		0.01	0.05	
1. NL-U-10	4.49	3.64	2.77	**
2. NL-U-12	0.90	"	"	
3. NL-U-17	2.26	"	"	
4. NL-U-21	3.67	"	"	**
5. NL-U-30	0.99	"	"	
6. NL-U-127	4.21	"	"	**
7. NL-U-127	9.63	"	"	**
8. RANCHERO	0.81	"	"	
9. RANCHERO	0.93	"	"	
10. PILINQUE	0.10	"	"	
11. C.P. AMARILLO	1.32	"	"	
12. C. PRECOZ	1.48	"	"	
13. LIEBRE	1.61	"	"	
14. S. PRECOZ	4.50	"	"	**
15. C. BLANCO	1.43	"	"	
16. B. PADILLA	0.80	"	"	
17. SAN JUAN	1.28	"	"	
18. NL-H-5	2.24	"	"	
19. NL-H-3	2.37	"	"	
20. H-412	1.86	"	"	
21. NL-VS-1	0.80	"	"	
22. NL-VS-2	1.01	"	"	

** = Altamente significativo al 0.01.

$$F_1 = .077/.177 = 0.43$$

$$F_2 = .228/.177 = 1.29$$

$$F_3 = .024/.177 = 0.13$$

$$. \quad . \quad = \quad .$$

$$F_{21} = .438/.177 = 2.47$$

$$F_{22} = .344/.177 = 1.88$$

En el Cuadro 21 se aprecian los valores de la F cal., F teórica, asimismo el fallo de la hipótesis probada.

En el Cuadro 22 se presenta el rendimiento promedio para cada variedad en forma de mayor a menor, con sus respectivos parámetros de estabilidad estudiados.

De acuerdo a los valores que pueden tomar el coeficiente de regresión y la desviación de la regresión respecto a sus pruebas de significancia, cada variedad puede ser clasificada bajo alguna de las situaciones posibles que pueden tomar los parámetros de estabilidad según Carballo y Márquez (1970) anteriormente descrito.

V. La prueba de significancia en las comparaciones del rendimiento promedio de cada una de las variedades evaluadas se efectúa mediante la prueba de Tukey.

Teniendo el promedio del rendimiento de las variedades en orden de mayor a menor y teniendo los datos:

CUADRO 21. VALORES DE F CAL. Y F TABLAS PARA CADA UNA DE LAS VARIETADES EVALUADAS CON SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 0.01 Y 0.05 CON SU RESPECTIVA PRUEBA. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD	F. CAL.	F. TABLAS		H _o
		0.01	0.05	
1. NL-U-10	0.43	4.70	3.03	N.S.
2. NL-U-12	1.29	"	"	N.S.
3. NL-U-17	0.13	"	"	N.S.
4. NL-U-21	0.28	"	"	N.S.
5. NL-U-30	0.82	"	"	N.S.
6. NL-U-127	0.46	"	"	N.S.
7. NL-U-127	0.07	"	"	N.S.
8. RANCHERO	1.20	"	"	N.S.
9. RANCHERO	0.60	"	"	N.S.
10. PILINQUE	0.20	"	"	N.S.
11. C.P. AMARILLO	3.01	"	"	N.S.
12. C. PRECOZ	1.78	"	"	N.S.
13. LIEBRE	0.80	"	"	N.S.
14. S. PRECOZ	0.07	"	"	N.S.
15. C. BLANCO	0.13	"	"	N.S.
16. B. PADILLA	0.15	"	"	N.S.
17. SAN JUAN	0.31	"	"	N.S.
18. NL-H-5	1.01	"	"	N.S.
19. NL-H-3	1.16	"	"	N.S.
20. H-412	1.96	"	"	N.S.
21. NL-VS-1	2.47	"	"	N.S.
22. NL-VS-2	1.88	"	"	N.S.

N.S. = No significativo

CUADRO 22. RENDIMIENTO, PARAMETROS DE ESTABILIDAD, SIGNIFICANCIA ESTADISTICA Y CLASIFICACION DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD	Rendimiento kg/parcela	β_i	Sd_i	(1)
NL-VS-2	7.362	0.68	0.157	a
NL-VS-1	7.182	0.72	0.261	a
NL-H-5	6.963	1.47	0.002	a
C. P. AMARILLO RANCHERO	6.879	1.51	0.330	a
C. BLANCO	6.852	0.80	0.072	a
C. BLANCO	6.840	0.88	-0.151	a
NL-U-10	6.649	0.34**	-0.100	c
NL-U-30	6.598	1.20	-0.032	a
SAN JUAN	6.526	1.16	-0.121	a
NL-U-17	6.505	1.19	-0.153	a
B. PADILLA	6.484	0.93	0.149	a
C. PRECOZ	6.465	1.48	0.205	a
H-412	6.392	0.42	0.171	a
NL-H-3	6.318	0.43	0.029	a
RANCHERO	6.315	0.84	-0.070	a
NL-U-12	6.231	1.23	0.457	a
NL-U-21	6.049	0.56**	-0.126	c
S. PRECOZ	5.703	1.27**	-0.164	e
LIEBRE	5.688	0.68	-0.035	a
PILINQUE	5.677	1.01	0.137	a
NL-U-127	5.456	1.64**	-0.095	e
NL-U-127	4.979	1.53**	-0.166	e

** = Significancia al 0.01. Altamente significativo.

(1) = Clasificación de variedades según Carballo y Márquez (1970).

$$N = (\text{Rep.} \times \text{Loc.}) = 4 \times 4 = 16$$

$$\delta^2 \text{ C.M. del error} = .177$$

$$\text{G.L. del error} = 233$$

$$t = \text{tratamientos} = 22$$

$$q_{\alpha} = 0.05 \quad \text{G.L.} (22, 233) = 5.01$$

$$q_{\alpha} = 0.01 \quad \text{G.L.} (22, 233) = 5.65$$

tenemos:

$$D = q_{\alpha} \delta \bar{x}$$

donde:

D = la diferencia entre medias

q = valor tabular con $(t, \text{G.L. error})$

$\delta \bar{x}$ = error estandar de la media

$$= \sqrt{\frac{\delta^2}{N}}$$

δ = valor que toma el nivel de significancia

Si $D > q_{0.05} \delta \bar{x}$; se dice que la diferencia entre medias se debe considerar significativamente *.

Si $D > q_{0.01} \delta \bar{x}$; se dice que la diferencia entre medias se debe considerar altamente significativa **.

En caso contrario las medias deben de considerarse iguales o equivalentes y por lo tanto estadísticamente no significativas.

Por lo tanto:

$$D = \frac{\delta^2}{N} = \sqrt{\frac{.177}{16}}$$

$$\alpha 0.05 = 5.01 \times 1.05 = .53$$

$$\alpha 0.01 = 5.65 \times 1.05 = .60$$

En el Cuadro 23 se presenta la comparación de medias.

La tendencia del comportamiento de cada variedad en cada ambiente se puede predecir mediante una línea de regresión usando los estimadores de los parámetros μ_i , β_i como:

$$\hat{Y}_{ij} = \bar{X}_i + b_i I_j$$

donde:

\hat{Y}_{ij} = valor esperado de la variedad en el ambiente j.

\bar{X}_i = promedio de la i-ésima variedad

b_i = coeficiente de regresión de la i-ésima variedad

I_j = índice ambiental

Ejemplificando tenemos:

$$\hat{Y}_{11} = 6.649 + 0.34 (-.962) = 6.322$$

$$\hat{Y}_{12} = 6.649 + 0.34 (-.925) = 6.334$$

$$\hat{Y}_{13} = 6.649 + 0.34 (.995) = 6.987$$

$$\hat{Y}_{14} = 6.649 + 0.34 (.892) = 6.952$$

$$\hat{Y}_{21} = 6.231 + 1.23 (-.962) = 5.047$$

CUADRO 23. COMPARACION DE MEDIAS DEL CARACTER RENDIMIENTO DE GRANO (kg/PARCELA) DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

VARIEDAD		.01	.05
22	NL-VS-2	7.362	
21	NL-VS-1	7.182	
18	NL-H-5	6.962	
1	C.P. AMARILLO	6.879	
8	RANCHERO	6.852	
15	C. BLANCO	6.840	
1	NL-U-10	6.649	
5	NL-U-30	6.598	
17	SAN JUAN	6.526	
3	NL-U-17	6.505	
16	B. PADILLA	6.484	
12	C. PRECOZ	6.465	
20	H-412	6.392	
19	NL-H-3	6.318	
9	RANCHERO	6.315	
2	NL-U-12	6.231	
4	NL-U-21	6.049	
14	S. PRECOZ	5.703	
13	LIEBRE	5.688	
10	PILINQUE	5.677	
6	NL-U-127	5.456	
7	NL-U-127	4.979	

$$\hat{Y}_{22} = 6.231 + 1.23 (-.925) = 5.09$$

$$\hat{Y}_{23} = 6.231 + 1.23 (.995) = 7.45$$

$$\hat{Y}_{24} = 6.231 + 1.23 (.892) = 7.32$$

. . . .

$$\hat{Y}_{224} = 7.362 + 0.69 (.892) = 7.97$$

Con los datos esperados se grafican las líneas de regresión de las variedades de mayor interés. Ya que así muestran la tendencia del comportamiento de las variedades en los ambientes de prueba como se puede ver en la Figura 10.

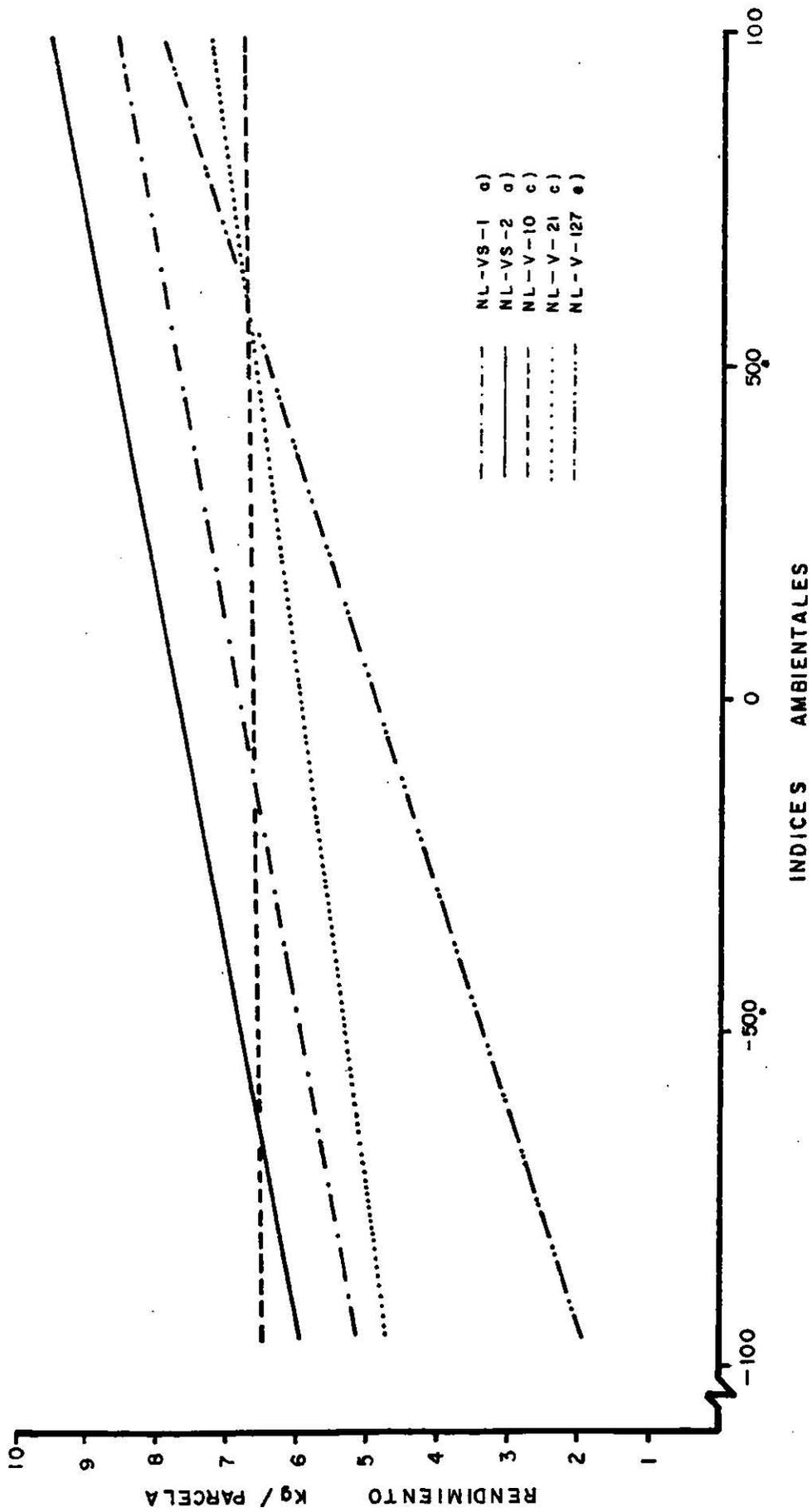


FIGURA 10. TENDENCIA DEL COMPORTAMIENTO DE CINCO VARIEDADES EN CUATRO AMBIENTES, Y SU CLASIFICACION SEGUN CARBALLO Y MARQUEZ (1970). PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

APENDICE 2

CUADRO 24. SIGNIFICANCIA DE LOS CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS TRES CARACTERES ESTUDIADOS. EXPERIMENTO 1 DE MARIN, N.L. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

F.V.	RENDIMIENTO DE GRANO (gr/PARCELA)			SIGNIFICANCIA
	G.L.	C.M.	F. CAL.	
BLOQUES	2	5215909.84	6.164	**
TRATAM.	21	2500200.30	2.955	**
ERROR	41	846177.66		

F.V.	G.L.	DIAS A FLORACION		SIGNIFICANCIA
		C.M.	F. CAL.	
BLOQUES	2	27.59	2.25	N.S.
TRATAM.	21	11.61	0.951	N.S.
ERROR	42	12.21		

F.V.	ALTURA DE PLANTA (cm)			SIGNIFICANCIA
	G.L.	C.M.	F. CAL.	
BLOQUES	2	342.49	3.99	*
TRATAM.	21	1231.12	14.36	**
ERROR	42	85.72		

* = Significativo al 0.05
 ** = Altamente significativo al 0.01
 N.S.= No significativo.

CUADRO 25. SIGNIFICANCIA DE LOS CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS TRES CARACTERES EN ESTUDIO, EXPERIMENTO 2 DE MARIN, N.L. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

F.V.	G.L.	RENDIMIENTO DE GRANO (gr/PARCELA)		
		C.M.	F. CAL.	SIGNIFICANCIA
BLOQUES	3	1323913.70	1.779	N.S.
TRATAM.	21	2159617.60	2.902	**
ERROR	62	744113.73		

F.V.	G.L.	DIAS A FLORACION		
		C.M.	F. CAL.	SIGNIFICANCIA
BLOQUES	3	8.01	2.387	**
TRATAM.	21	47.22	14.020	**
ERROR	63	3.368		

F.V.	G.L.	ALTURA DE PLANTA (cm)		
		C.M.	F. CAL.	SIGNIFICANCIA
BLOQUES	3	604.63	5.040	**
TRATAM.	21	1537.81	12.819	**
ERROR	63	119.95		

** = Altamente significativo al 0.01
 N.S. = No significativo

CUADRO 26. SIGNIFICANCIA DE LOS CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS TRES CARACTERES EN ESTUDIO, EXPERIMENTO 1 DE GENERAL TERAN, N.L. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ.

F.V.	G.L.	RENDIMIENTO DE GRANO (gr/PARCELA)		
		C.M.	F. CAL.	SIGNIFICANCIA
BLOQUES	3	440013.70	0.614	**
TRATAM.	22	1234112.39	1.721	**
ERROR	65	717115.13		

F.V.	G.L.	DIAS A FLORACION		
		C.M.	F. CAL.	SIGNIFICANCIA
BLOQUES	3	76.13	6.690	**
TRATAM.	22	34.80	3.060	**
ERROR	66	11.37		

F.V.	G.L.	ALTURA DE PLANTA (cm)		
		C.M.	F. CAL.	SIGNIFICANCIA
BLOQUES	3	329.41	3.597	*
TRATAM.	22	1801.48	19.675	**
ERROR	66	91.56		

* = Significancia al 0.05
 ** = Altamente significativa al 0.01

CUADRO 27. SIGNIFICANCIA DE LOS CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS TRES CARACTERES EN ESTUDIO, EXPERIMENTO 2 DE GENERAL TERAN, N.L. PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE TRES CARACTERES EN 20 GENOTIPOS DE MAIZ

F.V.	RENDIMIENTO DE GRANO (gr/PARCELA)			
	G.L.	C.M.	F. CAL.	SIGNIFICANCIA
BLOQUES	3	1578449.68	2.716	**
TRATAM.	22	1817031.91	3.127	**
ERROR	65	581155.42		

F.V.	DIAS A FLORACION			
	G.L.	C.M.	F. CAL.	SIGNIFICANCIA
BLOQUES	3	68.68	15.48	**
TRATAM.	22	80.82	18.22	**
ERROR	66	4.43		

F.V.	ALTURA DE PLANTA (cm)			
	G.L.	C.M.	F. CAL.	SIGNIFICANCIA
BLOQUES	3	21.30	0.284	N.S.
TRATAM.	22	1915.27	25.566	**
ERROR	66	74.91		

** = Altamente significativo a. 0.01.
 N.S.= No significativo.

