

26
26j.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores "Cuautitlán"

ESTABILIDAD EN RENDIMIENTO
DE VARIETADES DE MAIZ (Zea
mays L.) EN LA REGION
NORTE DE MEXICO

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO AGRICOLA

P r e s e n t a :

GAMALIEL OROZCO HERNANDEZ

Director de la Tesis:

Ing. Guillermo Basante Butron

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

1988

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	PAG.
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE GRAFICAS.....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Adaptación.....	4
2.2. Homeostasis y plasticidad.....	12
2.3. Interacción genotipo-ambiente.....	15
2.4. Estabilidad.....	18
2.5. Parámetros de estabilidad.....	22
III. MATERIALES Y METODOS.....	41
3.1. Ambientes de prueba.....	41
3.2. Genotipos.....	43
3.3. Características de los experimentos.....	48
3.3.1. Diseño experimental.....	48
3.3.2. Unidad experimental.....	49
3.3.3. Tecnología general de la producción.....	49

	PAG.
3.3.4. Registro de datos.....	50
3.3.4.1. Días a floración.....	50
3.3.4.2. Altura de planta.....	50
3.3.4.3. Altura de mazorca.....	50
3.3.5. Análisis estadístico.....	50
3.3.5.1. Análisis de varianza.....	51
3.3.5.2. Parámetros de estabilidad.....	51
3.3.6. Pruebas de hipótesis.....	54
IV. RESULTADOS.....	58
4.1. Ambiente Ascención, Chih.....	58
4.2. Ambiente Buenaventura, Chih.....	59
4.3. Ambiente Zaragoza, Coah. (C. primavera).....	60
4.4. Ambiente Zaragoza, Coah. (C. verano).....	61
4.5. Ambiente Cuauhtemoc, Chih.....	61
4.6. Ambiente Delicias, Chih.....	62
4.7. Ambiente Jimenez, Chih.....	63
4.8. Ambiente Matamoros, Chih.....	64
4.9. Análisis y parámetros de estabilidad.....	70
V. DISCUSION.....	74
5.1. Clasificación de las variedades según su coeficiente	

	PAG.
de regresión.....	77
5.2. Clasificación de las variedades según la desviación de regresión.....	79
5.3. Identificación de variedades deseables.....	82
5.4. Líneas de regresión.....	86
VI. CONCLUSIONES.....	90
VII. BIBLIOGRAFIA.....	91

LISTA DE CUADROS

NUM.		PAG.
1	Situaciones derivadas del valor de los parámetros de estabilidad (Carballo, 1970).....	29
2	Localización y principales características climáticas de las regiones de prueba.....	42
3	Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad.....	56
4	Situaciones posibles derivadas del valor que pueden tener los parámetros de estabilidad. (Carballo y Marquez, 1970).....	57
5	Rendimiento de nueve variedades de maíz para grano en ocho ambientes del norte de México.....	67
6	Días a floración de nueve variedades de maíz para grano en ocho ambientes del norte de México.....	68
7	Media de rendimiento y rango de producción de nueve variedades de maíz en ocho localidades.....	69
8	Rendimiento medio por localidades de nueve variedades de maíz para grano.....	69

NUM.

PAG.

9	Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de nueve variedades de maíz evaluadas en ocho ambientes.....	72
10	Promedio de rendimiento y parámetros de estabilidad de nueve variedades de maíz probadas en ocho ambientes...	73
11	Clasificación de nueve genotipos de maíz en función de sus parámetros de estabilidad según Carballo y Marquez (1970).....	73

LISTA DE GRAFICAS

NUM.

PAG.

1	Líneas de regresión del comportamiento de nueve variedades de maíz en ocho ambientes del norte de México.....	87
---	---	----

RESUMEN

En apoyo a lograr la autosuficiencia alimentaria, en México la investigación constantemente esta generando híbridos y variedades de maíz de alto rendimiento que contribuyan en parte a la solución de esta problemática. Sin embargo México cuenta con una gran diversidad de ambientes (microclimas) en donde los recursos actuales no han permitido el desarrollo de nuevos híbridos y variedades rendidoras para cada uno de estos ambientes.

El presente trabajo pretende identificar genotipos con amplia adaptación en la zona norte de México que comprende los estados de Coahuila y Chihuahua donde se siembran alrededor de 46 000 has. de maíz de riego. Detectando variedades de alto rendimiento, que puedan ser utilizadas bajo condiciones de ambientes pobres y ambientes ricos.

Se evaluaron nueve variedades de maíz, que incluyen cuatro híbridos: H-412, H-419, H-421 y H-422; y cinco variedades de polinización libres Gomeziza-6047, Obregón-6045, V-425, V-424 y V-435. Los ambientes seleccionados fueron Ascención, Chih., Buenaventura, Chih., Cuauhtemoc, Chih., Delicias, Chih., Jimenez, Chih., Zaragoza, Coah. (ciclo primavera y ciclo verano) y Matamoros, Coah.

En cada localidad se utilizó un diseño experimental de Bloques al Azar con cuatro repeticiones, con una parcela experimental de cuatro surcos de cinco metros de longitud. La estabilidad de los materiales genéticos se determinó con los rendimientos unitarios promedio de cada variedad en los ambientes probados, utilizando el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966).

Los resultados obtenidos indican diferencias altamente significativas en la interacción genotipo-ambiente pero no significativa entre variedades.

Los materiales que mostraron ser altamente consistentes fueron las variedades V-424, V-425 y V-455. Para ambientes desfavorables se adapta la variedad V-424 y para ambientes favorables la variedad V-455. La variedad V-425 se adapta a todos los ambientes, pero con la desventaja de tener bajos rendimientos.

El híbrido H-421 tuvo el más alto rendimiento en todas las localidades, con el inconveniente de que sus rendimientos no pueden ser predecibles.

Las localidades más favorables para el cultivo del maíz fueron las de Jimene: Chih. y Ascensión, Chih.

Concluyendo que los materiales ideales para utilizarse en el norte-centro de México por su adaptación, estabilidad y altos rendimientos son: V-455, V-424, V-425 y H-421.

I. INTRODUCCION

En México el maíz es el cultivo más importante, puesto que ocupa el primer lugar en producción; su mayor importancia socioeconómica se debe a que este cereal constituye la base de la alimentación nacional, participando en la dieta del mexicano con un 37% de las calorías totales (CIMMYT, 1984).

Cada año se siembran alrededor de 7 millones de hectáreas de maíz con una producción media de 1.7 toneladas por hectárea. México es un país que constantemente esta incrementando su producción, ya que a partir de 1970 los rendimientos han aumentado año con año en un 3.1%, al igual que la producción, que se ha incrementado en un 3.0%.

A pesar de estos incrementos, desde 1965 la producción ha crecido más lentamente que la demanda doméstica; el crecimiento de la población de los sesentas y setentas ha sido uno de los factores más significativos. Esto ha traído como resultado que las exportaciones hayan venido declinando y las importaciones aumentando, contribuyendo a incrementar los problemas económicos y sociales de México; particularmente con la caída de los ingresos por el petróleo y el aumento en la deuda externa. Actualmente se tienen que importar

un millón cien mil toneladas de grano, es decir que México esta importando anualmente por persona aproximadamente 33 kilogramos de grano para satisfacer su demanda.

En la mayoría de los países subdesarrollados como México se implementan programas para procurar la soberanía alimentaria y alcanzar las condiciones de alimentación y nutrición que permitan el pleno desarrollo de las capacidades y potencialidades de cada Mexicano. Por tal razón constantemente se estan generando híbridos y variedades de maíz de alto rendimiento que contribuyan en parte a la solución de esta problemática; sin embargo en la República Mexicana se presentan una gran diversidad de ambientes (microclimas) en donde los recursos actuales no han permitido el desarrollo de nuevos híbridos y variedades rendidoras para cada uno de estos ambientes; e incluso en un mismo sitio muchas de las veces año con año se presentan distintas condiciones climáticas que afectan el potencial productivo de los genotipos utilizados.

Esta situación se ve agravada por los problemas que enfrenta la industria nacional de semillas en lo que se refiere a la producción y distribución de estas, de aquí que se prefieran por su facilidad de manejo y menores costos variedades con amplios rangos de adaptación.

Generalmente se ha considerado al maíz como especie, como un cultivo de amplia adaptación, sin embargo existen variedades de maíz con una adaptación bastante reducida que cuando es modificado su ambiente o son cambiadas de este muestran limitaciones fuertes en cuanto a susceptibilidad de plagas y enfermedades, excesivo desarrollo vegetativo, acame, etc.

El presente trabajo pretende identificar genotipos con amplia adaptabilidad para la Zona Norte de México, que comprende los estados de Coahuila y Chihuahua donde se siembran alrededor de 46 236 hectareas de maíz de riego, con rendimientos promedio de 2.1 toneladas por hectárea, los cuales son bajos considerando que el cultivo se conduce con irrigación. Por lo tanto también se requiere detectar variedades de alto rendimiento, que puedan ser utilizadas bajo condiciones de ambientes pobres y ambientes ricos, en cuanto a los requerimientos de este cultivo.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Adaptación

Shelford (citado por Wilsie, 1962) establece en su ley de la tolerancia que los organismos que presentan una mayor distribución tienen amplios límites de tolerancia, los cuales pueden ser amplios para un factor y estrechos para otros. Cuando las condiciones no son óptimas para un factor, se pueden reducir los límites de tolerancia para otro factor.

Good en 1931 (citado por Wilsie, 1962) considera que cada una de las especies vegetales para existir y reproducirse de manera constante deben de establecerse dentro de ciertos límites climáticos y edáficos bien definidos. Estos límites representan la tolerancia de las especies a las condiciones externas.

Wilsie (1962) define la adaptación como el valor de sobrevivencia de un organismo bajo las condiciones que prevalecen en el hábitat en que se desarrolla.

Acosta y Sanchez (1985) utilizan el término adaptación para señalar que una variedad es apropiada para una localidad específica, el término

adaptabilidad se refiere a una serie de localidades o ambientes incluidos en un estudio de adaptación.

Según Brauer (1969) adaptación es la capacidad de un individuo o grupo de ellos para vivir y desarrollarse en un habitat determinado. Es el resultado de la selección natural o artificial. Menciona que la adaptación se expresa en un mayor rendimiento como la capacidad para aprovechar mejor el agua, la energía lumínica, las sustancias nutritivas, y en general, las condiciones del medio ambiente. Brauer considera que las plantas pueden reaccionar a las variaciones del medio de maneras muy diferentes. Las hay con una gama muy amplia de adaptación a las condiciones ecológicas de modo que las variedades de este tipo pueden cultivarse en áreas muy extensas y generalmente reaccionan poco a las variaciones estacionales del clima. Puesto que la mayoría de los factores del clima son muy difíciles de gobernar por el hombre, este tipo de plantas de adaptación amplia es uno de los preferidos.

Poehlman (1965) considera aclimatación al hecho de la capacidad de una variedad para adaptarse a un nuevo clima. Esto dependerá de a) La forma de polinización, b) El grado de variabilidad genética de la especie, c) La longevidad de la especie. Menciona que una especie o variedad de una especie adquiere aclimatación solamente por un incremento de los genotipos de la

población que se adaptan mejor al nuevo medio ambiente, que el promedio de los genotipos presentes originalmente.

Brewbaker (citado por Oyervides et al, 1981) considera la adaptación como sinónimo de potencial de reproducción.

Livera (citado por Alcazar, 1983) indica que la adaptabilidad es la capacidad de las plantas para producir un rendimiento alto y una respuesta proporcional a los cambios del medio ambiente.

Allard (1967) define la adaptabilidad como el proceso por el cual individuos, o parte de ellos, poblaciones o especies, cambian de forma o función al cambiar de ambientes, de tal forma que sobreviven mejor bajo determinadas condiciones ambientales.

Matsuo (citado por Oyervides et al, 1981) menciona que la adaptabilidad implica una propiedad por la cual los organismos capacitados sobreviven y se reproducen en ambientes fluctuantes. Señala que la adaptabilidad es una habilidad genética que resulta en la estabilización de las interacciones genético-ambientales por medio de reacciones genéticas y fisiológicas de los organismos y que este carácter ha sido heredado por estos a través del proceso evolutivo. Matsuo señala que la adaptabilidad en organismos silvestres

comprende la habilidad relativa de los individuos para mantener una consistencia en la sobrevivencia y reproducción, estan bajo control humano, por lo que no estan relacionados con su adaptabilidad natural. Con respecto al control genético de la adaptabilidad específica Matsuo (1975) menciona que puede ser relativamente simple y que esta controlada principalmente por genes mayores, que se le denomina de acuerdo a caracteres especiales tales como resistencia al frío, resistencia a sequía o tolerancia a cierta plaga, lo cual corresponde a sus respectivos factores ambientales limitantes y que ocasionalmente estos caracteres juegan un papel importante en la adaptabilidad general. También menciona que las fluctuaciones ambientales debidas a localidades y años involucran muchos factores no específicos, por lo que la adaptabilidad general de los cultivos es un caracter complejo que parece ser cuantitativo.

Brauer (1969) menciona que la mayor adaptabilidad de las plantas y los animales puede depender mucho más de las mutaciones pequeñas que de los cambios bruscos en la herencia. En oposición a la creencia de los primeros evolucionistas que consideraban que los cambios bruscos son los que en un momento dado harían que un organismo estuviese mejor adaptado al medio ambiente o a cualquier condición desfavorable.

Robles (1975) menciona que la gran expansión del cultivo del maíz se debe en gran parte a que es una especie vegetal con una gran área de adaptación bajo diversas condiciones ecológicas y edáficas como lo demuestra el hecho de cultivarse desde Canadá hasta Argentina, o sea, prácticamente en todos los países de América. Esta adaptación es resultado de su amplia gama de variabilidad genética, de tal manera que por selección natural y/o fitomejoramiento, es susceptible de aprovecharse en todas las regiones agrícolas.

Oka (citado por Alcazar, 1983) clasifica la adaptabilidad en general y en específica. Adaptabilidad general es la habilidad que tienen los cultivos para producir altos rendimientos en forma consistente bajo condiciones ambientales diferentes; y adaptabilidad específica es la habilidad para reaccionar y resistir a una condición particular como frío, sequía o una plaga.

Allard y Hanscher (1964) definen la adaptabilidad como la capacidad para modificar la aptitud de sobrevivir al cambiar el ambiente. Además indican que adaptación y adaptabilidad son antagónicas y que para mejorar la primera se requiere una población genéticamente variable. El antagonismo se manifiesta porque al mejorar la adaptación la variabilidad se reduce y esto trae como consecuencia una reducción en la capacidad para el cambio.

Muñoz et al. (1976) hacen notar que la adaptación en maíces criollos en México se observa en dos sentidos: Adaptación vertical y Adaptación horizontal; la primera es aquella que presentan genotipos muy rendidores en su localidad y poco productivos en otras y la segunda la presentan genotipos rendidores en localidades diferentes.

Ortega (1977) considera que ha despecho de la supuesta adaptación general del maíz como especie, cada ecotipo de maíz tiene una adaptación bastante reducida, mostrando limitaciones fuertes en susceptibilidad a plagas, enfermedades, ausencia de coincidencia en la floración de los sexos, etc. El termino ecotipo se refiere a la adaptación ecológica la cual no forzosamente se manifiesta en diferencias morfológicas, aunque señala que la gran variación genética del maíz en México se traduce en una gran variación morfológica.

Stoskopf (1981) considera la adaptabilidad como el buen comportamiento de los cultivos en una región extensa bajo condiciones variables del medio ambiente. Adaptabilidad es una medida de calidad que hay que considerar en todo cultivo. Actualmente en la agricultura moderna no solo se requieren de materiales capaces de tener los más altos rendimientos bajo condiciones óptimas, si no genotipos con amplia adaptación que tengan rendimientos satisfactorios en condiciones inferiores a lo ideal o normal. Específicamente

se desea un cultivar que posea la habilidad para tener buenos rendimientos bajo condiciones óptimas y adversas del cultivo.

Hanson et al. (1985) mencionan que los materiales con amplia adaptación tienen tres ventajas principales:

- 1) Reducen la vulnerabilidad de los productores a las fluctuaciones anuales del clima y a la presencia de enfermedades.
- 2) Simplifican la multiplicación de semilla y su distribución.
- 3) Pueden ser utilizados por muchos países.

Stoskopf (1981) menciona que para evaluar adaptabilidad el rendimiento es un criterio muy importante, toma en cuenta un método basado en el promedio de rendimiento calculado a través de ensayos en varias localidades y en algunos años. Buenos rendimientos como respuesta a la variación ambiental es una medida de amplia adaptabilidad. Amplia adaptabilidad disminuye los riesgos para los agricultores y permite la transferencia de tecnología de otros ambientes sin necesidad de realizar otros experimentos en sitios específicos. Altos rendimientos y amplia adaptabilidad no siempre vienen juntos, con amplia adaptabilidad los rendimientos podrían declinar y con adaptabilidad estrecha,

altos rendimientos podrían ser obtenidos bajo condiciones favorables. El agricultor tienen la elección en base a su experiencia del cultivo y del conocimiento de su región.

Tisdale y Nelson (1982) dicen que en general variedades que tienen un pequeño rango de adaptación tienden a mostrar significantes interacciones entre variedad-fertilizante, mientras que aquellas con un amplio radio de adaptación no lo hacen.

Hanson et al. (1985) consideran a la adaptación como una característica importante dentro de los trigos semienanos, ya que estos, por tal razón se ajustan bien a un amplio rango de temperaturas, duraciones del fotoperíodo, regímenes de humedad y condiciones de suelo. Mencionan que la adaptación amplia puede ser transferida genéticamente a otros materiales genotécnicos, pero se requiere probar estos materiales en una amplia gama de condiciones ambientales a fin de identificar las progenies que poseen esta característica.

CIMMYT (1984) cita que existe una minoría de fitomejoradores que cree mejorar las variedades genéticamente para adaptación local. Estos fitomejoradores respaldan la hipótesis de Grafius "siempre es posible encontrar una variedad adaptada a la localidad con un porcentaje de rendimiento relativo en un ambiente dado que es mayor o igual al rendimiento de la variedad

universal (esta tiene un rendimiento mayor o igual al rendimiento medio en todas las localidades de la region)". Considera que la estrategia de mejorar genéticamente germoplasma ampliamente adaptado es la preferida por la mayoría de los fitomejoradores. Puesto que en una área geográfica pequeña (o a través de años en el mismo sitio) puede haber una amplia gama de ambientes, esto propiciaría enormes gastos para desarrollar variedades específicas para cada ambiente.

2.2 Homeostasis y Plasticidad

Según Lerner (citado por Oyervides et al, 1981) homeostasis es el mecanismo de autoregulación del organismo, el cual le permite estabilizarse ante las variaciones ambientales externas e internas. Oyervides también cita a Allard y Bradshaw quienes establecen que una variedad "buena amortiguadora" es aquella que puede ajustar su condición genotípica y fenotípica en respuesta a condiciones fluctuantes del ambiente, por lo que en este sentido los términos "homeostasis" o "buena amortiguadora" son hasta cierto punto equivalentes.

Bradshaw (citado por Mier, 1984) indicó que un genotipo asume características particulares en un ambiente dado y en un segundo ambiente puede permanecer igual o ser diferente. El grado en que la expresión de los caracteres de un genotipo son modificados por diferentes ambientes es una

medida de la plasticidad de esos caracteres, es decir, la plasticidad en un genotipo se presenta cuando su expresión es capaz de alterarse por influencias ambientales, y al cambio que ocurre se le denomina respuesta de un genotipo.

Bradshaw (citado por Oyervides et al, 1981) define la plasticidad como el grado en que la expresión de los caracteres de un genotipo es capaz de alterarse por las diferencias ambientales y señala que la plasticidad es la falta de homeostasis y por consiguiente es una condición opuesta a la estabilidad.

Bradshaw (1965) señala que se pueden encontrar diferencias marcadas en el grado de plasticidad mostrada por diferentes variedades dentro de una especie, pudiendo explicarse si se supone que la plasticidad de un carácter es una propiedad independiente y que esta bajo su propio control genético; indica además que de las evidencias que existen, la plasticidad de un carácter puede ser:

- a) Específica para ese carácter.
- b) Específica en relación a influencias ambientales particulares.
- c) Controlada genéticamente y no esta necesariamente ligada a heterocigocidad.

d) Alterada por selección.

Nava et al. (citados por Acosta, 1985) indicaron que los organismos se adaptan a la variación ambiental por dos mecanismos diferentes y opuestos; uno es la plasticidad, que es la capacidad de variar a medida que el ambiente cambia y el otro, es la homeostasis interna, que trata de mantener constantes algunas funciones internas a pesar de las variaciones externas del medio ambiente. A medida que la capacidad de homeostasis interna aumenta, la plasticidad disminuye, y por lo tanto, la cantidad de fenotipos sería mínima. Un alto grado de homeostasis se logra a través de una alta plasticidad fisiológica, o sea que, al modificar el medio, el organismo en lugar de cambiar su fenotipo, altera su actividad fisiológica, lo cual significa que un genotipo con alta capacidad homeostática fisiológica, es estable.

2.3 Interacción Genotipo-Medio Ambiente

Interacción genotipo-ambiente es el comportamiento relativo que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes medios ambientes. Al tener una pequeña interacción genotipo-ambiente es posible desarrollar variedades que tengan buen comportamiento en un amplio espectro de ambientes, y por el contrario al haber una gran interacción genotipo-ambiente se pueden desarrollar variedades altamente adaptadas para ambientes especiales.

Marquez (citado por Zapata, 1983) caracteriza la interacción genotipo-ambiente como el comportamiento relativo diferente que exhiben ciertos genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes.

Nevado (1975) cataloga la interacción genotipo-ambiente a los cambios en el rendimiento de grano de las variedades de maíz, cuando son probadas en una serie de ambientes.

Brauer (1983) menciona que al hablar de selección en medios ambientes diferentes, ordinariamente hay una fuerte interacción entre el genotipo y el medio ambiente, lo que significa que diferentes variedades responden de manera diferente al mismo ambiente y también que cuando el medio ambiente varía, como

es el caso de la fertilidad del suelo, no todas las variedades responden en la misma proporción.

Comstock y Moll (citados por Juárez, 1977) indican que el desarrollo del fenotipo es influenciado por causas genéticas y no genéticas y que estos dos factores no actúan independientemente, por lo tanto este interjuego entre el efecto de lo genético y no genético sobre el desarrollo es lo que se conoce como interacción genotipo-ambiente. Uno de los efectos importantes de esta interacción es que reduce la correlación entre el fenotipo y genotipo con el resultado que las inferencias se vuelven más complicadas.

Eberhart y Russell (1966) señalan que la interacción genético-ambiental dificulta al mejorador la demostración de la superioridad de cualquier genotipo, ya que esta interacción se presenta en cualquier tipo de material genético. Para reducirlas se han estratificado los ambientes por diferencias macroambientales, pero se ha tenido poco avance, por lo que proponen como alternativa seleccionar genotipos estables que interaccionan menos con el ambiente donde se desarrollan.

Canacho (citado por Mier, 1984) manifestó que cuando la contribución del medio ambiente representa una proporción considerable del valor genotípico, el efecto de selección se reduce y el progreso del mejoramiento es lento. Bajo

esta circunstancia, individuos que exhiben características promisorias en determinado ambiente, pueden resultar inadecuadas en un ambiente diferente.

Chavez (1977) declara que la interacción genotipo-ambiente constituye una fuente de variación importante en la adaptación del material genético, y de su análisis se pueden llegar a producir técnicas que permitan seleccionar genotipos con amplitud de adaptación, o localizar áreas geograficas en las cuales la adaptabilidad de ciertas variedades sea mejor.

Moll y Sluber (citados por Martinez, 1977) consideran que la significancia de la interacción genotipo-ambiente para el fitomejorador depende de los objetivos, si se desean variedades que se comporten bien sobre un amplio rango de medios ambientes, entonces el programa es favorecido por pequeñas interacciones. Si por el contrario, se desean variedades bien adaptadas a medios ambientes muy específicos, entonces el programa puede ser beneficiado por grandes interacciones.

Voss y Hanaway (citados por Mejia, 1971) consideran importante realizar las pruebas de campo en diferentes ambientes, porque los factores que influyen en el rendimiento son generalmente incontrolables y porque la interacción entre tales factores y los considerados controlables puede ser mal utilizada si los resultados y conclusiones de un experimento dado, son aplicados en otras

localidades, con diferentes condiciones ambientales, ya sea en campos adyacentes, en otro estado o en otro año.

Federer y Sprague (1951) estimaron los componentes de varianza para la interacción genotipo-ambiente, en híbridos de cruce simple, cruce de tres líneas y cruce doble; las conclusiones obtenidas en este trabajo indican que el componente de interacción resultó más grande para las cruces simples que para las cruces dobles, indicando una respuesta más esporádica de las cruces simples en diferentes ambientes.

Arnol y Jenkins (citados por Alcazar, 1983) informaron sobre la variabilidad relativa de los híbridos y de las variedades de polinización libres en maíz y encontraron que las variedades de polinización libre fueron más variables que los híbridos; los híbridos de cruce simple fueron más uniformes y las cruces dobles y los mestizos fueron intermedios en variabilidad.

2.4 Estabilidad

Eberhart y Russell (1966) definen la estabilidad como la habilidad que tienen los genotipos para interactuar menos o en lo más mínimo con el ambiente,

esta es una característica genética y mencionan que evaluaciones preliminares de genotipos podrían planearse para identificar genotipos estables.

Nava et al (citado por Acosta, 1985) define a un organismo estable como aquel que presenta una alta plasticidad fisiológica, es decir, que al cambiar el medio, el organismo en lugar de cambiar su fenotipo, altera su actividad fisiológica, lo cual significa que existe una alta capacidad homeostática fisiológica.

Allard y Bradshaw (citados por Juárez, 1977) dividen a las variaciones del medio ambiente en dos categorías: predecibles y no predecibles. La primera categoría incluye las características permanentes del medio ambiente tales como el clima, tipo de suelo, caracteres que varían de una manera sistemática como la longitud del día, aspectos que son determinados por el hombre y que pueden por lo tanto ser establecidos mas o menos a voluntad como la fecha y densidad de siembra. La segunda categoría incluye fluctuaciones en tiempo como la cantidad y distribución del agua de lluvia, temperatura, etc. Consideran que una población es buena amortiguadora cuando una variedad puede ajustar su fenotipo o genotipo a fluctuaciones transitorias del medio ambiente, obteniendo altos y estables rendimientos por localidad y años.

Hay dos maneras en la cual una variedad puede mostrar estabilidad:

- 1.- **Amortiguamiento poblacional:** Es cuando la variedad esta constituida de un numero de genotipos cada uno adaptado a un rango de ambientes, este amortiguamiento surge de interacciones entre diferentes genotipos que coexisten.
- 2.- **Amortiguamiento individual:** Es cuando los individuos por si mismos pueden ser buenos amortiguadores de tal manera que cada miembro de la población esta bien adaptada al rango de ambientes.

Marquez (citado por Oyervides, 1981) señala que desde el punto de vista lógico y convencional algo estable es aquello que no cambia a través del tiempo y del espacio, pero que no obstante desde el punto de vista de Eberhart y Russell una variedad estable responde exactamente a las fluctuaciones ambientales y no interacciona con el ambiente.

Bradshaw (citado por Oyervides, 1981) menciona que el grado de estabilidad varía de un genotipo a otro, de donde infiere que esta gobernada genéticamente, y por tanto puede ser factible aplicar selección para conseguirla.

Scott (citado por Juarez, 1977) define a un híbrido seleccionado por estabilidad como:

1.- El híbrido que exhiba la menor variación del rendimiento sobre todos los ambientes probados.

2.- Un híbrido que no cambie su comportamiento en relación a otras variedades probadas en muchos ambientes.

Los resultados indicaron que la selección por estabilidad fue intensamente efectiva, lo cual sugiere que este carácter está bajo control genético.

Lerner (citado por Mier, 1984) indica que los genotipos heterocigotes en plantas alogamas presentan mayor capacidad de amortiguamiento cuando se establecen en diferentes ambientes. Al contrario con la autofecundación se reducen la varianza genética y la reducción en vigor de los individuos homocigotes los hace más susceptibles a las fluctuaciones incontrolables de su ambiente.

Marquez (citado por Martínez, 1977) menciona que particularmente en México, dada la gran diversidad de condiciones ecológicas con que cuenta el país, es de suma importancia aplicar los criterios de estabilidad y deseabilidad para las variedades que están en proceso de mejoramiento. Señala también que el agricultor que necesita planear su producción estableciendo rotaciones de cultivo, calculando costos, estimando las posibilidades del

futuro mercado, facilidades del almacenamiento, etc., lo mas conveniente es tener una variedad estable ya que las predicciones que hiciera con respecto al rendimiento le permitirían hacer un mejor planteamiento general de su producción, que con una variedad inestable.

2.5 Parámetros de Estabilidad

Dada la importancia que reviste la interacción genotipo-ambiente para el fitomejorador, se ha tratado de identificar y cuantificar la medida de dichas interacciones con el uso de componentes de varianza, la técnica de regresión y métodos similares.

Uno de los primeros trabajos que intentaron medir esta interacción fue el de Fisher (citado por Jimenez, 1979) cuando propuso los diseños factoriales; esta técnica, al usarse en la medición de interacciones genotipo-ambiente, sirvió para identificar diferencias entre genotipos, entre ambientes y la evaluación de los efectos conjuntos.

Sprague y Federer (1951) tambien usaron los componentes de varianza para hacer estimaciones del error, variedad por localidad, variedad por años y variedades en ensayos con mestizos, cruza simples y cruza dobles de maíz. Los resultados indicaron que los mestizos fueron menos influenciados por el medio

ambiente que las cruza simples y que hay mestizos que presentaron estabilidad en sus rendimientos.

Covarrubias (citado por Lopez, 1976) hizo una apreciación de la adaptabilidad de híbridos y variedades tropicales en cuatro lugares del Golfo de México. La razón de los componentes de variación para variedades y localidades y el error, manifestó un valor altamente significativo y conduce a atribuir la inestabilidad de los rendimientos a que las condiciones del medio ambiente, influyen en forma natural en la mayoría de los materiales sembrados. Sin embargo se encontró que el híbrido H-501 permaneció constante en su rendimiento que fue mayor a pesar de las condiciones mas o menos diferentes de cada lugar.

Plaisted (citado por Zapata, 1983) hace un análisis combinado para evaluar la adaptación de los genotipos en diferentes localidades, en donde incluye el total de los genotipos para posteriormente hacer análisis combinados excluyendo cada vez un genotipo diferente; el genotipo excluido que de la componente de interacción genotipo por localidad mas alta, sera el de mejor adaptación a las localidades estudiadas.

Sanchez (1977) cita a Finlay y Wilkinson, Eberhart y Russell, Bucio, Perkins y Jinks; quienes han mostrado que la relación entre el comportamiento

de diferentes genotipos en los diferentes medios ambientes es frecuentemente lineal. Las investigaciones respectivas han sido hechas independientemente y llevan a la conclusión que hay una fuerte evidencia que indica una auténtica relación lineal entre el comportamiento de genotipos específicos y condiciones ambientales, aun cuando esta relación no siempre ocurre para todas las interacciones observadas. Tomando en cuenta estas relaciones lineales, numerosos autores han usado técnicas de regresión para caracterizar respuestas de genotipos en diversas condiciones ambientales.

Finlay y Wilkinson (citados por Jimenez, 1979) para medir la estabilidad en cebada propusieron el modelo siguiente:

$$\log_{10} Y_{ij} = \mu + d_i + B_i l_j + \delta_{ij}$$

Donde Y_{ij} es el rendimiento de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente; μ es el rendimiento medio de las variedades; d_i es la desviación del rendimiento de la i -ésima variedad; B_i es el coeficiente de regresión de la i -ésima variedad; l_j es el j -ésimo índice ambiental y δ_{ij} es la desviación de regresión de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente.

El análisis involucra una regresión en escala logarítmica del rendimiento sobre el índice ambiental, el que a su vez se obtiene como logaritmo del rendimiento medio de todas las variedades (μ). Así, la adaptación de una variedad se

definió en términos del rendimiento medio y un coeficiente de regresión. Los autores resumieron los tipos de respuesta así:

- 1.- Si $B_i = 1$, indica estabilidad promedio; si se asocia a rendimientos altos la variedad tiene amplia adaptación.
- 2.- Si $B_i > 1$, indica que la variedad es sensible a los cambios del ambiente (estabilidad abajo del promedio) y esta adaptada a ambientes favorables.
- 3.- Si $B_i < 1$, indica una insensibilidad relativa a los ambientes (estabilidad sobre el promedio); la variedad esta adaptada a ambientes desfavorables.

Bucio (1966) trabajo con datos de altura de planta de dos líneas híbridas de Nicotiana rustica cultivadas en diferentes ambientes, desarrolló un modelo para estimar los componentes de variación genética, ambiental y de interacción genico-ambiental encontrando que estan relacionados linealmente. Bucio señala que cuando el ambiente es positivo o sea el comportamiento de las líneas es mejor que el promedio, siempre se tendrá una mayor expresión del carácter considerado. Y cuando el comportamiento de las líneas es menor que el promedio, es decir, efecto ambiental negativo, la selección de los mejores genotipos

dependera del tamaño relativo que tenga el efecto genético, ambiental y de interacción.

Eberhart y Russell (1966) propusieron el modelo

$Y_{ij} = \mu_i + B_{IIj} + d_{ij}$ que define los parámetros de estabilidad para estimar el comportamiento de una variedad sobre una serie de ambientes. Los parámetros de estabilidad son: 1).- El coeficiente de regresión estimado como la regresión del rendimiento individual de cada variedad sobre los distintos índices ambientales. Y 2).- El cuadrado medio de las desviaciones de regresión. Definieron como variedad estable aquellas que tienen un coeficiente de regresión igual a la unidad ($B_i = 1$), desviaciones de la línea de regresión tan pequeñas como sea posible ($S^2 d_i = 0$), y si además tiene alto rendimiento se trata de una variedad estable.

CIMMYT (1984) indica que dentro de un estudio de estabilidad el rendimiento de una variedad dada en cada sitio se usa para calcular la línea de regresión a través de los puntos que representan el comportamiento del genotipo correspondiente en cada ambiente. La pendiente de esta línea de regresión mide la respuesta de la variedad a mejores condiciones de cultivo. La línea de regresión que representa la respuesta promedio de todas las entradas incluidas en el análisis de cada variedad tienen una pendiente de 1 (una línea a 45°). De

esta manera si la pendiente de la línea de regresión de la variedad es mayor que uno, la respuesta de rendimiento esta por encima del promedio. Cuanto mayor es la pendiente, mayor es la sensibilidad de la variedad. Además, la suma de cuadrados de las desviaciones de la línea de regresión puede usarse para describir la estabilidad del rendimiento de una variedad. Cuanto mas baja sea esta suma de cuadrados, mas alta sera la estabilidad de su rendimiento (lo previsible de su comportamiento).

CIMMYT (1984) considera que una variedad de alto rendimiento tiene una estabilidad de rendimiento aceptable si:

- 1.- El rendimiento promedio es significativamente mas alto que el promedio en todas las localidades.
- 2.- La pendiente de la línea de regresión es mayor o igual a 1.
- 3.- La suma de cuadrados de las desviaciones se aproxima a 0.
- 4.- El rendimiento en el ambiente con las condiciones de producción mas pobres excede o iguala al promedio de todas las entradas.

Esta combinación implica un comportamiento superior de rendimiento en toda la gama de ambientes.

Carballo (1970) utilizó el modelo de Eberhart y Russell en maíz; sus resultados indicaron que el modelo fue efectivo para conocer la respuesta de las variedades ante los cambios ambientales. Catalogando las variedades como se indica en el

Cuadro 1.

El autor usó el término consistente para describir la confiabilidad de las predicciones, e inconsistente para denotar a la variedad con amplias fluctuaciones debido a los cambios del ambiente.

Joppa, Lebsack y Bush (citados por Chavez, 1977) utilizaron el modelo de Eberhart y Russell para estudiar variedades del cultivo de trigo. Estos autores consideraron la desviación sobre la regresión como una medida de la interacción genotipo-ambiente. Ellos concluyeron que cada variedad tiene su propio valor de regresión, así como también la desviación de esta regresión, y utilizaron el término interacción específica (variedad-ambiente) cuando una causa específica se hace presente, tal como el ataque de patógenos; ellos encontraron además gran influencia del ataque de roya sobre la estabilidad de las variedades.

Miller, Williams y Robinson (citados por Chavez, 1977) evaluaron por un período de tres años 15 variedades de algodón en 9 localidades de Carolina del

Cuadro 1. Situaciones derivadas del valor de los parámetros de estabilidad (Carballo, 1970).

Coefficiente de Regresión	Desviación de Regresión	Descripción de la variedad
$B_1 = 1$	$S^2 d_1 = 0$	Estable
$B_1 = 1$	$S^2 d_1 > 0$	Buena respuesta en todos los ambientes, inconsistente.
$B_1 < 1$	$S^2 d_1 = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente.
$B_1 < 1$	$S^2 d_1 > 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables e inconsistente.
$B_1 > 1$	$S^2 d_1 = 0$	Buena respuesta en buenos ambientes y consistente.
$B_1 > 1$	$S^2 d_1 > 0$	Pejor respuesta en ambientes buenos, inconsistente.

Norte, E.U. Con respecto a rendimiento, las interacciones de genotipo-localidad y genotipo-año fueron muy pequeñas y estadísticamente no significativas; sin embargo, la interacción de segundo orden de genotipo-localidad-año fue de magnitud sustancial y altamente significativa. Estos resultados indicaron que las variedades responden en forma muy diferente y que los efectos de localidad o año no fueron consistentes en la respuesta diferencial varietal durante el periodo de prueba. Las observaciones sobre las pruebas individuales sugirieron al autor, que los patrones de distribución de lluvia e infestación de insectos fueron factores importantes para determinar la respuesta varietal diferencial. En el área muestreada las diferencias del tipo de suelo parecen tener poco efecto en el comportamiento de las variedades.

Martínez (citado por Jiménez, 1979) no encontró una variedad de trigo ideal (estable y consistente) en todas las características que estudió (rendimiento, calidad molinera y panadera). Sugirió que para seleccionar se tomen como base el rendimiento de grano y luego se consideren las demás características.

Varela y Franco (1974) utilizaron las técnicas de Finlay y Wilkinson y de Eberhart y Russell para estudiar la adaptabilidad de variedades de trigo. En su trabajo clasifican los ambientes en buenos, medios y malos considerando los

valores de los índices ambientales y también categorizan a los genotipos de acuerdo a los valores de sus parámetros. No obstante que estos investigadores señalan que sus pruebas no estuvieron en condiciones extraordinarias, indican que sus resultados están limitados a los genotipos probados y a los ambientes utilizados y que estos pueden cambiar.

Nier (1984) utilizando el modelo propuesto por Eberhart y Russell evaluó la estabilidad en rendimiento de 16 variedades de frijol en diez localidades de la zona templada húmeda de México.

Los resultados indicaron que de las 16 variedades evaluadas, ocho mostraron buena respuesta en los ambientes estudiados, ya que su coeficiente de regresión estimado fue significativo igual a la unidad. Asimismo, estos tratamientos fueron consistentes, ya que se puede predecir su respuesta para las localidades consideradas; esto es, tuvieron un valor en la desviación de regresión igual a cero.

Palomo (1974) estimó los parámetros de estabilidad en variedades de algodón en suelos libres e infestados de

Verticillium sp en la Comarca Lagunera, México. Encontró que las variedades más rendidoras fueron Delta Pine 45-A y Coker 124-B(M).

Della Pine 16 consistentemente mostró elevados rendimientos; sin embargo sus elevadas desviaciones de regresión indicaron que es inconsistente y por lo tanto, poco recomendable. Para ambientes específicos, en suelos con problemas de "marchitez de plantas por Verticillium", las variedades Acala 5701-W y Acala 1517-V mostraron ser estables y altamente rendidoras, lo cual indica su tolerancia a dicha enfermedad.

Acosta y Sanchez (1985) evaluaron 10 genotipos de frijol en un amplio rango de ambientes de la zona templada y semiárida de los estados de Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, Durango, parte de Chihuahua y San Luis Potosí, durante los años de 1978, 1979 y 1980. Encontrando que los genotipos Bayo Zacatecas, Bayo Los Llanos y Bayo Durango mostraron adaptabilidad general y solo esta última variedad resultó inestable en su respuesta a los cambios de localidad, además produjo los rendimientos más altos en ambientes desfavorables por lo que debe ser empleada como progenitor en los programas de mejoramiento genético.

Martinez (1977) evaluó el comportamiento de 23 variedades de trigo en once ambientes de prueba en las principales áreas de trigo del país. Encontrando que las variedades difieren en el promedio de rendimiento de grano y características de calidad, evidenciando amplia variabilidad genética en ambos

tipos de caracteres. Solamente la variedad Anahuac F-75 fue estable ($B_i=1$) y consistente ($S^2_{di}=0$) y por su alto promedio de rendimiento de grano se cataloga como la variedad ideal. Considero que el rendimiento de grano y algunas características de calidad tienen tendencia definida a incrementarse proporcionalmente a las mejoras del ambiente.

Chavez (1977) probó 23 variedades de avena en 16 ambientes, estimando los parámetros de estabilidad en base al modelo propuesto por Eberhart y Russell. Concluyendo 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. Si se quiere mejorar para estabilidad en función de las desviaciones de regresión, el criterio de selección debe incluir la estimación de este parámetro. Sugirió también que los ambientes de prueba fueron elegidos a partir de clasificaciones donde se puedan identificar las que son diferentes.

CIMMYT (1984) evaluó el rendimiento, estabilidad y la adaptación de variedades de trigo de alto rendimiento (VAR) y de variedades tradicionales o desarrolladas localmente (VLD) en un conjunto global de ambientes, diferentes zonas ecológicas y subconjuntos regionales, encontrando que:

Cuando las condiciones de producción son pobres, los rendimientos de todas las variedades son bajos. En ambientes de bajo rendimiento, las diferencias en rendimiento entre las VAR y las VLD son muy pequeñas.

Los bajos coeficientes de regresión asociados con las VLD, que algunos interpretan como el resultado de un comportamiento superior de rendimiento en ambientes pobres, en realidad se deben a la pobre expresión de su rendimiento en ambientes de alto rendimiento.

Por lo que las VAR se pueden caracterizar como "eficientes en el uso de insumos" y "respondientes a los insumos". En ocasiones, genotipos con coeficientes de regresión altos producen rendimientos altos bajo condiciones de producción muy favorables y rendimientos por debajo del promedio (mas bajos que las VLD) en ambientes pobres. Estos casos por lo general reflejan una susceptibilidad del genotipo de la VAR a enfermedades específicas presentes en la localidad, más que una falta de eficiencia en el uso de insumos.

En este caso las variedades que mostraron una estabilidad en rendimiento muy baja se debió principalmente a una madurez tardía y sensibilidad al fotoperíodo o algunos requerimientos de vernalización, o ambas cosas. Concluyéndose:

- 1).- Las VAR son al menos tan estables como las VLD bajo todas las condiciones ambientales (pero con un nivel mas alto de rendimiento);

- 2).- Las VAR son al menos tan eficientes en el uso de insumos como la VLD (y generalmente lo son mas) bajo todas las condiciones ambientales;
- 3).- Las VAR son significativamente mas respondientes a condiciones mejoradas de produccion que las VLD.

Saxena y Dabholkar (1981) probaron 14 genotipos de sorgo en cuatro localidades de la India. Encontrandó que los híbridos probados manifestaron estabilidad no solo para el rendimiento de grano sino también para los componentes de rendimiento. Para el rendimiento de grano el desempeño fue predecible, sin embargo para número de granos por panícula, peso de mil granos y número de ramificaciones por panícula, el cuadrado medio de la interacción genotipo-ambiente fue altamente significativo lo cual indica que su funcionamiento fue completamente heredable.

Gomez (citado por Jimenez, 1979) uso la metodología de Eberhart y Russell y concluyó que es efectiva para caracterizar híbridos de sorgo por estabilidad en el rendimiento. Los materiales adaptados a los ambientes favorables fueron los mas rendidores, los adaptados a los ambientes desfavorables los de menor rendimiento, y los que se adaptaron a todos los ambientes tuvieron un rendimiento intermedio. Señaló también que cuando solo una región es base del

mejoramiento los materiales obtenidos presentan una alta inconsistencia al evaluarlos ampliamente.

Reich y Atkins (1970) determinaron los parámetros de estabilidad en cuatro tipos de poblaciones de sorgo (líneas, híbridos, mezclas de líneas y de híbridos). Encontraron que las mezclas de híbridos fueron las más productivas y estables, ya que tuvieron el rendimiento promedio superior en todos los ambientes de prueba y ocuparon el segundo lugar en cuanto a las desviaciones de regresión más pequeñas, no obstante, ningún tipo de población fue diferente y superior para todos los parámetros.

Torrío (1973) determinó los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell; para rendimiento de grano, índice de área foliar, índice de eficiencia e índice de cosecha en 20 variedades de maíz en ambientes variables y contrastantes que resultaron de la combinación de dos densidades de población y dos niveles de fertilidad. En sus resultados detectó diferencias varietales en cuanto a los coeficientes de regresión señalando que no todos los caracteres requieren el mismo ambiente para su máxima expresión, observando que conforme se va modificando el rendimiento también sufren variaciones los otros caracteres. Torrío 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.

Martinez et al. (citado por Lopez, 1976) estudiaron el comportamiento de dos variedades de maíz y sus progenies F 1, F 2, y F 4 para las variables rendimiento, peso de grano, número de mazorcas por planta y número de granos por mazorca. La mayor estabilidad fué para la variable rendimiento y número de mazorcas por planta; una mayor adaptación fué mostrada por la progenie F 1 y la menor en la F 4. Los autores sugirieron el uso de poblaciones heterocigóticas y heterogéneas para reducir el valor de la interacción genotipo-ambiente.

Rowe y Andrews (1964), reportan en maíz que los grupos segregantes son más estables que las líneas endogámicas o híbridos F1, e indican que dicho comportamiento se debe a diferencias en habilidad para explotar ambientes favorables.

Scott (citado por Palomo, 1974) condujo un estudio a fin de determinar si las líneas de maíz seleccionadas diferían en su estabilidad para rendimiento al ser cultivadas en diferentes ambientes. Reporta que la selección hacia estabilidad es efectiva lo cual indica que este carácter está bajo control genético.

Carballo (citado por Lopez, 1976) comparó variedades de maíz del Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Del análisis de los resultados obtenidos en varios agrupamientos

concluyó:

- 1).- El método fué efectivo en la discriminación de variedades en función del valor de los parámetros bajo seis situaciones posibles. Considerando además el rendimiento promedio se identificaron variedades deseables por ser estables y de rendimiento elevado.
- 2).- Se considera que el concepto de variedad deseable debiera definirlo el mejorador en función de las características del medio ambiente esperado en una región predeterminada.
- 3).- La selección de variedades mejoradas realizada hasta la fecha y su recomendación han sido efectivas.
- 4).- Una posible explicación de la efectividad en la selección de variedades para cubrir amplios rangos de adaptación es que la selección se lleva a cabo en condiciones ambientales predecibles promedio y los híbridos son de cruce doble, generalmente y con pocas autofecundaciones o quizá pueda deberse a que la interacción variedad por localidad no sea

de importancia, lo cual debe ser objeto de un estudio específico.

- 5).- La complementación del método de Eberhart y Russell (1966) integrando en un solo índice (el rendimiento promedio y los parámetros de estabilidad), facilitarfa la identificación de materiales deseables en diferentes etapas del mejoramiento.

Alcazar estudio en 1982 el avance en rendimiento, caracteres agronómicos y adaptabilidad de 25 variedades de maíz en seis localidades del trópico húmedo y subhúmedo de México. Sobresaliendo 17 variedades estables dentro de las cuales se encuentran ocho híbridos de cruza doble y uno de cruza simple, además de seis variedades mejoradas de polinización abierta. Encontrando como variedades deseables a H-511, H-507, H-503, VS-525 y H-509 por sus altos rendimientos y estabilidad. Atribuyendo la estabilidad de los híbridos de cruza simple y cruza doble al poco grado de endogamia de las líneas progenitoras, permitiendo esto un cierto amortiguamiento, o bien a la heterosis misma que permite un comportamiento similar. Algun grado de esta estabilidad pudo también haber sido heredada de los materiales originales, que como se ha observado presentan esta característica, como es el caso de la colecta Ver. 39, de la cual se han

derivado líneas de las que, cuando menos alguna intervino en los principales híbridos de cruzo doble.

Ibarra y Mejía (1981) evaluaron once genotipos de maíz en cinco ambientes de temporal en el sur de Tamaulipas, encontrando que LLera II tercer ciclo de selección masal y LLera II se comportaron estables y consistentes con rendimientos promedio de 3257 y 3256 Kg/ha, respectivamente, seguidos por V-524, LLera III y Tuxpeño Caribe II segundo CSM con 3040, 2929 y 2907 Kg/ha, respectivamente. Los híbridos tropicales H-503 y H-507 presentaron la mayor interacción con el ambiente, lo cual indica su tendencia a rendir mejor en ambientes favorables, pero inapropiados para condiciones marginales.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ambientes de Prueba

El presente trabajo se realizó en ocho ambientes de prueba que se ubican en la zona norte de México en los estados de Chihuahua y Coahuila. Considerandose estas localidades como representativas de las principales áreas agrícolas del Norte de México.

En el Cuadro 2 se presentan las características que describen de una manera general los elementos climáticos de las localidades incluidas en esta investigación, notando que existen diferencias notables entre estas localidades, tales como la altura sobre el nivel del mar, que varía desde los 350 metros hasta 2010 metros; en cuanto a la temperatura media, existe un rango de variación de 15.2°C a 21.5°C; las diferencias son de menor magnitud para el resto de las características climáticas

Cabe aclarar que en la localidad de Zaragoza, Coah., se probaron las variedades en ciclo primavera y posteriormente en ciclo verano, considerandose dos ambientes de prueba para esta localidad.

Cuadro 2. Localización y principales características climáticas
de las regiones de prueba.

Localidades	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)
Ascencion, Chih.	31° 10'	108° 02'	1287	16.6	250.0
Buenvent, Chih.	29° 49'	106° 50'	1500	17.1	316.3
Quauhtemo, Chih.	28° 25'	106° 51'	2010	15.2	385.0
Delicias, Chih.	28° 11'	105° 30'	1165	18.6	290.0
Jimenez, Chih.	26° 44'	105° 08'	1460	17.5	500.6
Zaragoza, Coah.	28° 33'	100° 55'	350	21.5	350.0
Matamoros, Coah.	24° 30'	102° 00'	1120	21.0	190.0

3.2 Genotipos

Se utilizaron nueve materiales sobresalientes en toda la zona norte de México; variedades que son producto del programa de mejoramiento genético del maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México. E incluye cuatro híbridos: H-412, H-419, H-421, H-422; y cinco variedades de polinización libre: Gemeiza-8047, Obregón-8045, V-425, V-424 y V-455.

Cinco materiales provienen del CIANO (Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste), las variedades V-425, V-424, V-455 y los híbridos H-412 y H-419. Del campo experimental de Río Bravo, Tamps., provienen los híbridos H-421 y H-422. Y del CIMMYT las variedades Gemeiza-8047 y Obregón-8045.

3.2.1. Características de las variedades

a).- H-412. Híbrido de maíz de ciclo intermedio formado en el CIANO en 1961. Es un híbrido de cruce simple a partir de las líneas Carmen 33-1 X Carmen 36-A-3-1. Algunas de sus principales características agronómicas son:

- Ciclo Intermedio: 130 días.
- Días a Floración: 78
- Altura de Planta: 210 cms.
- Altura de Mazorca: 130 cms.

b).- H-419. Híbrido que se formó a partir de los trabajos iniciados en 1966 por el CIANO, con germoplasma de la variedad de polinización libre "San Juan", de la cual se derivaron líneas para la formación de cruces simples, sobresaliendo la combinación simple denominada San Juan-7 X San Juan-106, que al cruzarse con la cruce simple comercial (Carmen 33-1 X Carmen 36-A-3-1) da origen al híbrido doble H-419. Algunas de sus principales características agronómicas son:

- Ciclo Intermedio: 130 días.
- Días a Floración: 80
- Altura de Planta: 225 cms.
- Altura de Mazorca: 110 cms.

c).- V-424. Variedad derivada del decimoséptimo ciclo de selección recurrente, para reducir la altura de planta de la población Tuxpeño Crema del CIMMYT. Las fuentes de variación genética que integran esta población son: Veracruz-143, Veracruz-147, Michoacan-137, Michoacan-166, V-520 C y Colima grupo I-Mix.1. Actualmente esta población incorporada al programa de maíz del Noroeste (CIANO), esta estructurada con 250 familias de hermanos completos y se le identifica como Población-49, Blanco Dentado-2.

Algunas de sus principales características agronómicas son:

- Ciclo Intermedio: 130 días.
- Días a Floración: 81
- Altura de Planta: 140 cms.
- Altura de Mazorca: 71 cms.

d).- V-425. Variedad derivada de la fracción superior del decimoprimer ciclo de selección recurrente del complejo germoplasmico Tropical Blanco cristalino intermedio, numero 19 del CIMMYT. Este complejo constituido por 450 a 500 familias de medios hermanos, ha sido evaluado y seleccionado visualmente en invierno y verano en Poza Rica, Veracruz., y en el Valle del Yaqui, Sonora., en siembras en Junio. Las fuentes de variación que integran el complejo provienen de Argentina, Colombia, Cuba, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Honduras,

India, México y materiales resistentes a la cenicilla (Peronosclerospora spp.) de Filipinas.

Algunas de sus principales características agronómicas son:

- Ciclo Intermedio: 130 días.
- Días a Floración: 78
- Altura de Planta: 180 cms.
- Altura de Mazorca: 92 cms.

e).- V-455. Variedad derivada del tercer ciclo de selección recurrente de la población numero 22 del CIMMYT, Mezcla Tropical

Blanco. Población constituida por 250 familias de hermanos completos evaluadas cada ciclo de selección en seis países. Para formar esta variedad se practicó una intensidad de selección del 4%, recombinándose las mejores diez familias con base en los resultados del ensayo de 250 familias conducido en Poza Rica, Veracruz., en 1978. Las fuentes de variación genética que integran la población base son: Tuxpeño Crema, Eto Blanco, Antigua grupo 2 selección blanca, Mix I Colima grupo I - Eto, híbridos Pfister, compuesto Centroamericano y aportaciones del complejo blanco tardío Tropical 24. Algunas de sus características importantes son:

- Ciclo Semitardío: 140 días.
- Días a Floración: 84

- Altura de Planta: 210 cms.
- Altura de Mazorca: 103 cms.

f).- Gomeiza-8047. Variedad generada en el CIMMYT mediante mejoramiento poblacional de hermanos completos. Es una variedad derivada de la población Templado Blanco Dentado que pertenece al complejo germoplasmico Blanco Dentado Intermedio Subtropical. Algunas de sus características principales son:

- Ciclo Intermedio: 130 días.
- Días a Floración: 72
- Altura de Planta: 164 cms.
- Altura de Mazorca: 85 cms.

g).- Obregón-8045. Variedad formada por el CIMMYT mediante mejoramiento poblacional de hermanos completos, a través de la selección de las 10 mejores familias. Es una variedad derivada de la población Amarillo del Bajío que pertenece al complejo germoplasmico Amarillo Dentado Intermedio Subtropical. Algunas de sus características más importantes son:

- Ciclo Precoz: 100 días.
- Días a Floración: 66
- Altura de Planta: 174 cms.
- Altura de Mazorca: 78 cms.

h).- H-421. Híbrido de cruce simple desarrollado en el Campo Agrícola Experimental de Río Bravo, es la cruce de LRB 11-45 X 38-31. Algunas de sus características más importantes son:

- Ciclo Intermedio: 135 días.
- Días a Floración: 81
- Altura de Planta: 213 cms.
- Altura de Mazorca: 108 cms.

i).- H-422. Híbrido de cruce simple desarrollado en el Campo Agrícola Experimental de Río Bravo, es la cruce de LRB 14-413-7 X 310-334. Algunas de sus características principales son:

- Ciclo Intermedio: 135 días.
- Días a Floración: 80
- Altura de Planta: 205 cms.
- Altura de Mazorca: 105 cms.

3.3. Características de los Experimentos

3.3.1. Diseño experimental.

En todas las localidades se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con nueve tratamientos en cuatro repeticiones.

3.3.2. Unidad experimental.

La parcela experimental consistió en cuatro surcos de 5 metros de longitud, con una separación entre surcos de 90 a 90 cms, a una distancia entre plantas de 25 cms. La parcela útil estuvo comprendida por los dos surcos centrales. Los rendimientos de las variedades se ajustaron a kilogramos por hectárea de grano al 12% de humedad con la fórmula:

$$Pch = \frac{100 - \% H}{100 - 12}$$

donde:

Pch: Peso corregido por humedad.

%H: Porcentaje de humedad de la parcela al momento de la cosecha.

3.3.3. Tecnología general de la producción.

La densidad de siembra que se aplicó en todos los experimentos corresponde aproximadamente a 17 Kg/ha. La fertilización efectuada en cada localidad, estuvo de acuerdo a las recomendaciones dadas por el INIFAP, la cual varió desde 85-46-00, 120-40-00 hasta 160-70-50. Los riegos se aplicaron de acuerdo a las necesidades de agua del cultivo, especialmente en las épocas críticas para el desarrollo del mismo. Generalmente se aplicaron de 3 a 4 riegos de auxilio,

con excepción de la localidad de Matamoros, Coah., que aplicó solo dos riegos de auxilio, debido a que el cultivo del maíz se adapta al calendario de riegos para el algodón, que es el cultivo principal en la región lagunera. Se mantuvieron los experimentos libres de malezas por medio de cultivos (2) y deshierbes (2). Las principales plagas que se presentaron fueron: Pulga negra (Chaetocnema ectypa), chicharrita (Dalbulus maidis), que se controlaron con Folimat 1200 y Diazinón 25 E, en dosis de 1 ltr/ha. Y gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) que se controló con Sevin G al 5% y Lorsban G al 5%.

3.3.4. Registro de datos.

3.3.4.1. Días a floración. Días a partir de la siembra a la época en que el 50% de las plantas tienen los estigmas completamente emergidos.

3.3.4.2. Altura de planta. Altura promedio de plantas, tomada de la base del tallo hasta el nudo de la hoja bandera.

3.3.4.3. Altura de mazorca. Altura promedio de plantas, tomada de la base del tallo al nudo que sostiene la mazorca principal.

3.3.5. Análisis estadístico.

El análisis estadístico de los resultados consta de dos partes: análisis de varianza individual por localidad y análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad.

3.3.5.1. Análisis de varianza. El análisis de varianza para cada experimento se utilizó para examinar las diferencias entre las variedades, en el ambiente considerado.

3.3.5.2. Parámetros de estabilidad. La estabilidad de los materiales genéticos se determinó con los rendimientos unitarios promedio de cada variedad en los ambientes probados, utilizando el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966).

$$Y_{ij} = \mu_i + B_i j + d_{ij}$$

donde:

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

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

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

B_i = Coeficiente de regresión de la variedad i a través de todos los ambientes.

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

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

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

donde el índice ambiental promedio es igual a cero, o sea:

$$\sum_j I_j = 0$$

El primer parámetro de estabilidad es un coeficiente de regresión estimado de la siguiente manera:

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

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

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

donde \bar{y}_i es un estimador de la media varietal μ_i . Las desviaciones $\hat{\delta}_{ij} = (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})$ se elevan al cuadrado y se suman para proveer el estimador del otro parámetro de estabilidad (δ^2_{di}); que es:

$$S^2_{di} = \left[\sum_j \hat{\delta}^2_{ij} / (n-2) \right] - S^2_e / r$$

donde: S^2_e / r es el estimador del error experimental conjunto (o la varianza de la media de una variedad en el ambiente j), r es el número de repeticiones de cada ambiente j , y:

$$\sum_j \hat{\delta}^2_{ij} = \left[\sum_j \hat{Y}_{ij} - Y_{ij} \right]^2 - \left(\sum_j Y_{ij} \right)^2 / \sum_j \hat{Y}_{ij}^2$$

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

- 1).- La variación debida a la respuesta (lineal) de la variedad a los diferentes índices ambientales (sumas de cuadrados debidas a regresión).
- 2).- Las desviaciones inexplicables de la regresión sobre el índice ambiental.

El estadístico b mide el incremento promedio en rendimiento de una variedad por-unidad de incremento en el índice ambiental. El estadístico Sd^2 mide que tanto la respuesta predicha esta de acuerdo con la respuesta observada e incluye las interacciones genotipo-ambiente. El análisis de varianza apropiado se presenta en el Cuadro 3.

3.3.6. Pruebas de hipótesis.

Dentro de las principales hipótesis estadísticas a probar se encuentran:

a).- La significancia de las diferencias entre medias varietales.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_v$$

H_a : al menos una media es diferente

La cual se prueba mediante la distribución de F.

$$CM1$$

$$F = \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

$$CM3$$

b).- La hipótesis de que no hay diferencias genéticas entre variedades para su regresión sobre los índices ambientales.

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

H_a : al menos un coeficiente de regresión es diferente.

Su prueba es también por la distribución de F.

$$CM2$$

$$F = \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

$$CM3$$

c).- La hipótesis de que el coeficiente de regresión no difiere de la unidad.

$$H_0: B_i = 1.0$$

$$H_a: B_i \neq 1.0$$

Se prueba mediante la prueba de t.

$$t = \frac{b_i - 1}{S_{b_i}}; \text{ donde } S_{b_i} = \sqrt{\frac{\sum d^2 y \cdot x}{\sum I_j^2}}$$

d).- La hipótesis de que las desviaciones de regresión para cada variedad son iguales a cero.

$$H_0: S^2 d_i = 0$$

$$H_a: S^2 d_i \neq 0$$

Se prueba por la distribución de F.

$$F = \frac{\sum \hat{\sigma}^2 d_i}{(n-2) \text{ error conjunto.}}$$

e).- Comparación de dos medias o $H_0: \mu_i = \mu_j$, esta se puede efectuar mediante la prueba de D.M.S. $(0.05) = t_{\alpha/2}$ (g.l.error)

S_d^2 donde:

$$S_d^2 = \frac{2S^2}{r} \quad \left(\frac{2(\text{C.M.E. Combinado})}{\text{repeticiones}} \right)$$

Por los valores que puedan tomar \hat{B}_i y $\hat{\sigma} d_i$; de acuerdo a las pruebas de significancia (d y e), cada variedad puede ser clasificada bajo algunas de las situaciones anotadas en el

Cuadro 4.

Cuadro 3. Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad.

Fuente de variación	G de L	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Total	$nv-1$	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - F.C.$	
Varietades (V)	$v-1$	$\frac{1}{n} Y_{.j}^2 - F.C.$	C.M.1
Medios Amb. (E) Vars.X Ambs.	$n-1$ $(v-1)(n-1)$	$v(n-1) \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \sum Y_i^2/n$	
Ambiente lineal	1	$\frac{1}{v} (\sum_j Y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j$	
Vars.X Amb. (lineal)	$v-1$	$\sum_i (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 - S.C.A. (lineal)$	C.M.2
Dev. Conjunta.	$v(n-2)$	$\sum_i \sum_j \sigma_{ij}^2$	C.M.3
Varietad 1	$n-2$	$[\sum_j Y_{.j}^2 I_j] - \frac{(Y_{.})^2}{n} - (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
Varietad v	$n-2$	$[\sum_j Y_{.j}^2 v_j] - \frac{Y_{.}^2 v.}{n} - (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 = \sum_j \delta v_j^2$	
Error Conjunto.	$n(r-1)(v-1)$		

Cuadro 4. Situaciones posibles derivadas del valor que pueden tener los parámetros de estabilidad. Carballo y Marquez (1970).

Situación	Coefficiente de Regresión	Desviaciones de la Regresión	Descripción
a	$B_i=1$	$d^s d_i=0$	Variedad estable
b	$B_i=1$	$d^s d_i > 0$	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente.
c	$B_i < 1$	$d^s d_i=0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente.
d	$B_i < 1$	$d^s d_i > 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables e inconsistente.
e	$B_i > 1$	$d^s d_i=0$	Respuesta mejor en buenos ambientes y consistente.
f	$B_i > 1$	$d^s d_i > 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente.

IV. RESULTADOS

4.1. Ambiente Ascención, Chih.

En esta localidad del norte de Cuihuahua el análisis de varianza indicó diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 5); mostrando que existen diferencias en cuanto al potencial de rendimiento en las variedades probadas. Haciendo la comparación de medias según Duncan al 5% de confiabilidad, encontramos que son cinco las variedades estadísticamente iguales en su potencial de producción.

Se observa que el híbrido H-422 tuvo el mayor rendimiento con 7454 Kg/ha, igual estadísticamente a H-419, V-455, Obregón-8045 y V-424 con 7182, 6907, 6409, y 6362 Kg/ha respectivamente. Los testigos regionales tuvieron un bajo potencial de rendimiento en comparación con las variedades probadas pues EPX-888 tuvo una producción de 5711 Kg/ha, mientras que el otro testigo PX-74 tuvo 3516 Kg/ha. De las variedades probadas la de mas bajo rendimiento resultó ser la V-425.

En lo referente al ciclo vegetativo, tomando como base los días a floración, el material mas tardío fue la variedad V-455 con 73 días a floración; H-419 y H-422 con 70 días, H-421 con 69 días y con 68 días H-412,

V-425 y V-424, las que se consideran de ciclo intermedio. Dentro del ciclo precoz se ubican cuatro materiales, incluyendo los dos testigos regionales, Gemeiza-8047, Obregón-6045, EPX-888 y PX-74 con 65, 64, 63 y 62 días a floración respectivamente, ver Cuadro 6.

4.2. Ambiente Buenaventura, Chih.

El análisis de varianza indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos probados, (Cuadro 5), lo cual señala que las variedades difieren entre si en su potencial de producción.

La comparación de medias según Duncan al 5%, indica que son siete las variedades que estadísticamente son iguales en rendimiento, son: H-412, Gemeiza-8047, H-421, H-419, V-424, V-455 y V-425 con 7115, 6724, 6230, 6005, 5872, 5561 y 5082 Kg/ha respectivamente. Los testigos EPX-888 y PX-74 tienen los mas bajos rendimientos con 3049 y 2911 Kg/ha.

En cuanto al ciclo vegetativo en el Cuadro 6 se muestran las variedades evaluadas; la de ciclo mas tardío corresponde a la variedad V-455 con 79 días a floración, con un ciclo intermedio se ubican los materiales H-421, H-412, H-419, H-422, V-424 (76 días a floración) y la variedad V-425 (73 días). Y por último las variedades precoz que incluyen los dos testigos regionales, con 71

días a floración estan Gemeiza-8047 y con 70 días EPX-888, PX-74 y Obregón-8045.

4.3. Ambiente Zaragoza, Coah. (C.Primavera)

En esta localidad del norte de Coahuila el análisis de varianza indica diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 5), es decir que existen grandes diferencias en el potencial de producción de las variedades evaluadas.

Haciendo la comparación de medias según Duncan al 5%, son dos los híbridos mas rendidores e iguales estadísticamente: H-412 y H-421 con 5938 y 5270 Kg/ha respectivamente, superando al testigo regional Perla Amarillo que rindió 4470 Kg/ha. Los materiales V-455 y H-419 tuvieron los rendimientos mas bajos con 4425 y 3938 Kg/ha.

En cuanto al ciclo vegetativo segun los días a floración de cada variedad (Cuadro 6), el ciclo mas tardío correspondio a la variedad V-455 con 63 días a floración; los materiales H-422, H-419, H-412, H-421, V-424 y V-425 con 62, 61, 61, 61, 61 y 60 días a floración se ubican dentro del ciclo intermedio, mientras que el testigo Perla Amarillo y las variedades Gemeiza-8047 y

Obregón-8045 tienen un ciclo precoz con 59, 57 y 55 días a floración respectivamente.

4.4. Ambiente Zaragoza, Coah. (C.Verano)

El análisis de varianza indica que existen diferencias altamente significativas entre las variedades evaluadas (Cuadro 5), es decir que cada variedad presenta diferente potencial de rendimiento.

Realizando la comparación de medias según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, sobresalen cuatro materiales: H-422, V-425, V-453 y H-421 con 4815, 4340, 4213 y 3900 Kg/ha de rendimiento de grano respectivamente. El testigo regional Perla Amarillo con 3115 Kg/ha superó a las variedades V-424, Obregon-8045 y Gemeiza-8047 que rindieron 3005, 2968 y 2465 Kg/ha respectivamente.

En cuanto al ciclo vegetativo de las variedades evaluadas (Cuadro 6) la mayoría en base a los días a floración tiene un ciclo intermedio con 60 días a floración. Solamente V-424, Perla Amarillo, Gemeiza-8047 y Obregon-8045 tienen un ciclo precoz con alrededor de 57 días a floración.

4.5. Ambiente Cuauhtemoc, Chih.

En esta localidad de la Sierra de Chihuahua, el análisis de varianza indica diferencias altamente significativa (Cuadro 5) entre las variedades probadas, lo cual demuestra que estas no tienen igual rendimiento estadísticamente, sino que varían en su comportamiento.

La comparación de medias según la prueba de Duncan al 5% (Cuadro 5) nos muestra que existen tres variedades similares en su alto rendimiento, dentro de las cuales se encuentran dos de los testigos de la región con rendimientos de 7887 y 7743 Kg/ha iguales estadísticamente al H-422 que rindió 6519 Kg/ha. Los más bajos rendimientos los tuvieron Gemeiza-8047 y el híbrido H-419 con 4927 y 4779 Kg/ha; destaca la variedad precoz Obregón-8045 con 6311 Kg/ha.

En lo referente al ciclo vegetativo (Cuadro 6) tomando como base los días a floración, los materiales del ciclo tardío son: V-455 y H-419 con 108 y 106 días a floración, los de ciclo intermedio son: H-412, V-424, H-421, H-422 y V-425, con 103, 103, 102, 101, y 98 días a floración respectivamente. Y las variedades de ciclo precoz son Gemeiza-8047, los testigos regionales, Obregón-8045 con alrededor de 91 días a floración.

4.6. Ambiente Delicias, Chih.

El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 5). Ninguno de los materiales evaluados superó a los testigos regionales V-416 y V-401 con rendimientos estadísticamente iguales de 7371 y 7322 Kg/ha respectivamente. Los mejores materiales fueron los híbridos H-419 y H-412 que tuvieron rendimientos de 6218 y 5963 Kg/ha, inferiores en un 18.5% y 23.6% a la variedad V-416. El híbrido H-422 presentó el más bajo rendimiento con 2964 Kg/ha.

Dentro de los genotipos de ciclo mas precoz esta la variedad V-416 con 68 días a floración y la variedad Obregón-6045 con 66 días a floración y un rendimiento de 3946 Kg/ha, muy inferior a la variedad V-416. La variedad con mayor ciclo fue la V-455 con 84 días a floración, mientras que los materiales de ciclo intermedio son: V-424, H-419, H-412, H-421, H-422 y V-425 con 81, 80, 78 días a floración respectivamente.

4.7. Ambiente Jimenez, Chih.

En esta localidad del sur de Chihuahua, el análisis de varianza indica diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 5) lo cual demuestra que cada variedad tiene diferente potencial de producción.

Haciendo la comparación de medias según prueba de Duncan al 5% de probabilidad sobresalen en primer término siete materiales, y donde quedan incluidos los testigos AN-430R, B-555 y V-401. Estas variedades son: H-421, V-455, AN-430R, H-422, B-555 y V-401 con rendimientos estadísticamente iguales de 10725, 9964, 9912, 9694, 9339 y 9019 Kg/ha respectivamente. Los híbridos H-419 y H-412 fueron los que presentaron los más bajos rendimientos con 7564 y 7361 Kg/ha.

En cuanto al ciclo vegetativo según los días a floración (Cuadro 6) con ciclo tardío están el testigo B-555 y la variedad V-455 con 86 y 85 días a floración. Con ciclo intermedio están: V-401, H-419, H-421, H-412, H-422 y V-424 con alrededor de 81 días a floración. Y con ciclo precoz: Genesiza-8047, V-425, AN-430R y Obregón-8045 con 78, 78, 75 y 70 días a floración. En este punto sobresalen por sus buenos rendimientos considerando su ciclo los materiales AN-430R y Obregón-8045.

4.8. Ambiente Matamoros, Coah.

El análisis estadístico reportó diferencia altamente significativa (Cuadro 5) entre los materiales evaluados. Sobresalen según la comparación de medias por Duncan la variedad mejorada V-415 con 3736 Kg/ha, Genesiza-8047 con 3587 Kg/ha, H-421 con 3492 Kg/ha, Obregón-8045 con 3443 Kg/ha, V-415 criollo con

3423 Kg/ha, V-425 con 3341 Kg/ha y V-424 con 3166 kg/ha; rendimientos aceptables considerando que solo se aplicaron dos riegos de auxilio, que es el número de riegos posibles que un productor de la región puede aplicar.

En lo que respecta a floración (Cuadro 6) se tienen que los materiales llegaron a esta etapa entre los 54 y 65 días, encontrando como materiales más precoces a V-415 mejorado, V-415 criollo, Obregón-8045 y Gemeiza-8047 con 54, 55, 57, y 60 días respectivamente; dicha característica es particularmente muy importante para evitar el daño por heladas tempranas.

Tomando ya en cuenta el comportamiento de cada una de las variedades en todos los ambientes en el Cuadro 7, se presentan las variedades con su media de rendimiento y el rango de producción desde el ambiente más pobre hasta el más rico.

El híbrido H-421 sobresale por sus altos rendimientos ya sea en ambientes ricos como pobres, desde 3492 Kh/ha hasta 10725 Kh/ha. Hay otras dos variedades que destacan bajo condiciones limitantes como son: V-424 y V-425 con 3166 y 3005 Kh/ha. Por otra parte en ambientes ricos sobresalen V-455, H-422 y Gemeiza-8047 con 9964, 9694 y 8975 Kh/ha, los cuales rinden poco bajo condiciones pobres de cultivo. Cabe hacer mención de la variedad Obregón-8045

con 8049 Kg/ha rinde mejor en buenos ambientes, siendo la mas precoz de todas las variedades evaluadas.

Las localidades que fueron mas favorables para la producción de maíz se presentan en el Cuadro 8, como localidades sobresalientes estan Jimenez y Ascención, Chih. con una media de rendimiento de todas las variedades de 8686 y 6285 Kg/ha respectivamente. Los ambientes mas pobres se localizaron en Zaragoza (ciclo verano) y Matamoros, Coah., con producciones de 3628 y 2758 Kg/ha.

Las localidades de Buenaventura, Cuauhtemoc, Zaragoza (ciclo primavera) y Delicias tuvieron producciones muy semejantes con 5527, 5500, 4811 y 4811 Kg/ha respectivamente.

En lo que respecta al comportamiento del crecimiento vegetativo de las variedades en cada una de las localidades; los genotipos con mayor altura de planta fueron H-419, H-412 y V-455 con 226, 221 y 216 cm de altura. Por otro lado las variedades de menor porte fueron V-424, H-422 y Obregón-6045 con 172, 181 y 181 cm de altura respectivamente. Quedando como materiales de porte intermedio Gemeiza-8047, V-424 y H-421 con 186, 193 y 197 cm de altura de planta. Este mismo comportamiento se presenta con las alturas de mazorca.

Cuadro 5. Rendimientos de nueve variedades de maíz para grano en ocho ambientes del norte de México.

Variedades	Ascenc. Kg/ha	Buenav. Kg/ha	Cuauh. Kg/ha	Delic. Kg/ha	Jimen. Kg/ha	(1)	(2)	Matam. Kg/ha
						Zarag. Kg/ha	Zarag. Kg/ha	
H-422	7454A(3)	3308CD	6519A	2964C	9694AB	4580BC	4815A	1741C
H-419	7182AB	6005A	4779B	6218A	7564CD	3938C	3535BC	1812C
V-455	6907ABC	5561AB	5324AB	5490A	9964A	4425BC	4213AB	2295BC
O-8045	6409ABCD	3849BCD	6311AB	3946BC	8049BCD	4768BC	2968CD	3443A
V-424	6362ABCD	5872AB	5043AB	4000BC	7801CD	4768BC	3005CD	3166AB
H-421	5729BCD	6230A	5684AB	5037AB	10725A	5270AB	3900ABC	3492A
G-8047	5570CD	6724A	4927AB	5460A	8975BC	4688BC	2465D	3587A
H-412	5645BCD	7115A	5427AB	5963A	7361D	5938A	3413BCD	1944C
V-425	5305D	5082ABC	5489AB	4224B	8037BCD	4925B	4340AB	3341A
F	2.48*	5.36**	4.42**	12.58**	3.84**	3.82**	5.33**	5.37**
C.V. (%)	13.27	22.59	16.49	15.10	12.60	11.47	17.69	23.30

(1).Corresponde al ciclo primavera.

(2).Corresponde al ciclo verano.

(3).Valores con la misma letra son iguales estadísticamente según Duncan (5%).

La localidad que fue más favorable para el crecimiento vegetativo fue Ascención, Chih., donde con

Cuadro 6. Días a floración de nueve variedades de maíz
para grano en ocho ambientes del norte de
México.

Variedades	Ascenc.	Buenav.	Cuauh.	Delic.	Jimen.	Zarag.	Zarag.	Matam.
						(1)	(2)	
H-422	70	76	101	78	80	62	61	64
H-419	70	76	106	80	81	61	60	64
V-455	73	79	108	84	85	63	61	65
O-8045	64	70	88	66	70	55	55	57
V-424	68	76	103	81	80	61	59	62
H-421	69	77	102	78	81	61	60	63
G-8047	65	71	92	72	78	57	57	60
H-412	68	76	103	78	82	61	60	63
V-425	68	73	98	78	78	60	60	61

(1). Corresponde al ciclo primavera.

(2). Corresponde al ciclo verano.

los materiales evaluados se tuvo un promedio de 222 cm de altura, comparandose tambien la región de Jimenez, Chih., donde se tuvo una altura de 212 cms. La localidad de Matamoros, Coah. presentó la menor altura de planta con 164 cms. El desarrollo vegetativo que obtienen cada una de las variedades de maíz en las localidades parece indicar que a mayor crecimiento vegetativo más altos rendimientos; como se observa en las localidades de Jimenez y Ascención, Chih., que tienen los más altos rendimientos. Mientras que Matamoros, Coah., tiene los más bajos rendimientos de grano.

Cuadro 7. Media de rendimiento y rango de producción de
nueve variedades de maíz en ocho localidades.

Variedades	Rendimiento Kg/ha	Rango Kg/ha
H-421	5758	3492 A 10725
V-435	5522	2295 A 9964
O-8047	5372	2968 A 8975
H-422	5304	1741 A 9694
H-412	5196	1944 A 7361
V-424	5189	3166 A 7801
H-419	5114	1812 A 7564
V-425	4906	3005 A 8037
O-8045	4895	2465 A 8049

Cuadro 8. Rendimiento medio por localidades de nueve
variedades de maíz para grano.

Localidad	Rendimiento Kg/ ha
Jimenez, Chih.	8686
Ascención, Chih.	6285
Buenaventura, Chih.	5527
Osahtemoc, Chih.	5500
Zaragoza, Coah. (C.Primavera)	4811
Delicias, Chih.	4811
Zaragoza, Coah. (C. Verano)	3628
Hatamoros, Coah.	2758

4.9. Analisis y Parametros de Estabilidad.

Los resultados de este tipo de analisis se presentan en el Cuadro 9. Donde se observa por la significancia de la F respectiva, que no existen diferencias significativas entre las medias varietales, ni entre los coeficientes de regresión, indicando que el comportamiento productivo entre cada una de las variedades es semejante, el cual no varía al cambiar el ambiente o a través de ellos.

El Cuadro 10 muestra las medias de rendimiento para todas las localidades y sus correspondientes parámetros de estabilidad, y en el Cuadro 11 se cataloga cada variedad según la descripción hecha por Carballo y Marquez (1970).

El híbrido H-421 tiene el mas alto rendimiento con 5738 Kg/ha siguiendole una variedad tardía, la V-455 con 5522 Kg/ha. El más bajo rendimiento correspondió a la variedad precoz Obregón-8045 con 4895 Kg/ha.

En base a los parámetros de estabilidad se ubican cuatro materiales con coeficiente de regresión igual a la unidad ($B_i=0$) estos son: H-421, Gemeiza-8047, Obregón-8045 y H-419. En donde Obregon-8045 y H-419 son inconsistentes por su desviación de regresión mayor que cero ($S_d > 0$), lo que nos indica lo impredecible de sus rendimientos. Lo cual no sucede con H-421 que

muestra consistencia en sus producciones al variar de ambiente, al igual que Gemeiza-8047 que tiene la tendencia a comportarse en forma consistente.

Con adaptación a ambientes favorables de alto rendimiento, encontramos al híbrido H-422 y la variedad V-455 con coeficientes de regresión mayores a la unidad ($B_i > 1.0$), el inconveniente que presenta es que son variedades altamente inconsistentes ($S_{di} > 0$).

Por último están las variedades con coeficientes de regresión menores a uno y que por lo tanto están adaptadas a ambientes desfavorables (pobres). Estas son: V-424, V-425 y H-412, pero que también son impredecibles en su rendimiento, son inconsistentes.

Cuadro 9. Analisis de varianza para estimar los parám. de estabilidad de nueve variedades de maíz evaluadas en ocho ambientes.

F. de V.	Suma de		Cuadrados		F
	G.L	Cuadrados	Medios		
Total	71	253 561 893			
Variedades (V)	8	4 954 704	619 338	0.625	N.S.
Ambiente (E)	63	248 607 189			
E (Lineal)	1	2 466 687			
Var. E (Lineal)	8	192 599 659	24 074 957	24.28	**
Desv.Conjunta	54	53 540 843	991 497		
Var. H-421	6	3 114 860	519 143	2.61	*
H-422	6	14 250 128	2 375 021	11.94	**
G-8047	6	3 806 069	634 345	3.19	**
O-8045	6	15 596 168	2 599 361	13.07	**
V-455	6	1 530 994	255 166	1.28	N.S.
V-424	6	1 359 985	226 664	1.14	N.S.
V-425	6	1 189 890	198 315	0.997	N.S.
H-419	6	6 343 287	1 057 215	5.32	**
H-412	6	6 349 462	1 058 244	5.32	**
Error conjunto	220				

N.S. No significativo

* Significativo a una probabilidad de 0.05

** Altamente significativo a una probabilidad de 0.01

Cuadro 10. Promedio de rendimientos y parámetros de nueve variedades probadas en ocho ambientes.

Variedad	Rendimientos Kg/ha	Coefficientes de Regresión (bi)	Desviaciones de Regresión (S ² di)
H-421	5758	1.183	320 239 *
V-455	5522	1.227 **	56 262 N.S.
G-8047	5372	0.963	435 441 **
H-422	5304	1.235	2 176 117 **
H-412	5196	0.864	859 340 **
V-424	5189	0.782 **	27 760 N.S.
H-419	5114	0.978	858 311 **
V-425	4906	0.841	- 589 N.S.
O-8045	4895	0.923	2 400 457 **

Cuadro 11. Clasificación de nueve genotipos de maíz en función de sus parámetros de estabilidad según Carballo y Marquez (1970).

Variedades	Coefficiente de Regresión (Bi)	Desviación de Regresión (S ² di)	Situación
H-421	= 1	> 0	c
V-455	> 1	= 0	b
G-8047	= 1	> 0	c
H-422	= 1	> 0	c
H-412	= 1	> 0	c
V-424	< 1	= 0	d
H-419	= 1	> 0	c
V-425	= 1	= 0	a
O-8045	= 1	> 0	c

a). Variedad estable y consistente

b). Mejor respuesta en ambientes buenos y consistentes

c). Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente

d). Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente.

V DISCUSION

Considerando que el análisis de estabilidad no arroja diferencias significativas entre variedades, es lógico inferir que cada una de estas variedades tiene un potencial de producción similar; debido principalmente a que cada una de las variedades han sido seleccionadas como las mejores y más sobresalientes en evaluaciones hechas en todo el norte del país, como se observa en los resultados del Cuadro 7, en que el más alto rendimiento 5758 Kg/ha y el más bajo 4895 Kg/ha tienen solo una diferencia de 863 Kg. Sin embargo analizando el rango de producción en todas las localidades y viendo que hay una diferencia altamente significativa en la interacción ambiente-variedades, hay grandes diferencias en el comportamiento de los materiales probados en cada una de las localidades evaluadas, como se observa con los híbridos H-422 y H-412 (Cuadro 7) donde sus producciones van desde 1741 y 1944 Kg/ha en Matamoros, Coah., hasta 9694 y 7361 Kg/ha en Jimenez, Chih. Este comportamiento diferencial se deduce de los análisis hechos en cada localidad, donde siempre hubo diferencias altamente significativas entre variedades como se observa en el Cuadro 5. CIMMYT (1985) considera que una variedad tiene estabilidad (aparte del coeficiente y desviaciones de regresión) aquellas cuyo rendimiento promedio es significativamente más alto que el

promedio en todas las localidades, y el rendimiento en el ambiente con las condiciones más pobres excede o iguala al promedio de todas las entradas.

Los materiales H-421, V-455, G-8047 y H-422 tienen rendimientos superiores al promedio de todas las localidades y de estas variedades solo H-421 y G-8047 tienen rendimientos más altos que el promedio bajo condiciones limitantes del cultivo.

El coeficiente de regresión del rendimiento de las variedades sobre los índices ambientales es el que presenta diferencias altamente significativas. Moll y Stuber citados por Martínez (1977) consideran que para que las variedades se comporten bien sobre un amplio rango de medios ambientes las interacciones deben ser pequeñas. En este estudio esto no sucedió ya que grandes interacciones indican adaptabilidad a ambientes muy específicos, siendo este comportamiento el de la mayoría de las variedades probadas.

Juarez (1977) al evaluar genotipos en cinco ambientes y no encontrar diferencias significativas para los factores variedades y su interacción con el medio ambiente, indicó que la reducida heterogeneidad ambiental provocó esta situación ya que una mayor variabilidad en los ambientes de prueba fue la causa de que las variedades tendieran a diferenciarse con mas intensidad, y por lo tanto pudieron detectarse diferencias significativas en los análisis de

varianza. También observó que los valores de F fueron incrementados a medida que se aumentó el número de ambientes, concluyendo que un número adecuado de ambientes de prueba para la evaluación de variedades de sorgo es de diez.

Para el caso de este estudio considerando lo mencionado por Juárez acerca de que se requiere tener heterogeneidad en los ambientes de prueba, se considera que los resultados obtenidos concuerdan con sus conclusiones, pues existieron ambientes muy contrastantes en cuanto a altitud sobre el nivel del mar y clima como lo son Cuauhtemoc, Chih., y Zaragoza, Coah. En este estudio fue suficiente evaluar los materiales a través de ocho ambientes y no diez como sugiere Juárez.

Considerando la media de rendimiento (5251 Kg/ha) de todos los genotipos en los ocho ambientes, existen cuatro ambientes superiores a esta media y que se catalogan como ambientes favorables para el cultivo del maíz, estos ambientes son: Cuauhtemoc, Buenaventura, Ascencion y Jimenez, Chih. Mientras que también existen otros cuatro ambientes con rendimientos abajo de la media, y son: Zaragoza, Coah. (Ciclo primavera y ciclo verano), Delicias, Chih. y Matamoros, Coah., los cuales quedan catalogados como ambientes desfavorables o pobres para el cultivo del maíz. Básicamente lo que determina esta clasificación de los ambientes son: Las condiciones ambientales, principalmente

temperatura que influyen en este resultado ya que se presentan condiciones más drásticas de altas temperaturas en las localidades con bajos rendimientos como lo indican las temperaturas medias en el Cuadro 2.

Otro aspecto importante que determina la diferenciación de los ambientes ricos y pobres es el manejo de cultivo, o la tecnología de producción utilizada en cada localidad, esto se infiere desde que en la localidad de Jimenez se hacen mayores aplicaciones de fertilizante, ya sea en elementos mayores (N,P,K) como en elementos menores (S,Mn,Fe,Zn), utilizando ácido sulfúrico para bajar el Ph (Característica de los suelos calcáreos del norte de México) mejorando el aprovechamiento de los nutrientes, y que necesariamente se refleja en un incremento de los rendimientos. No así en la localidad de Matamoros, Coah., donde por escases de agua, y en que el cultivo del maíz esta sujeto al calendario de riegos del algodonoero tiene que cubrir su ciclo vegetativo solo con dos riegos de auxilio y que redunda por lo tanto en bajos rendimientos.

5.1. Clasificación de las variedades según su Coeficiente de Regresión

Del total de las nueve variedades estudiadas siete son las que presentan un coeficiente de regresión igual a la unidad ($B_i=1$) y que son los híbridos H-421, H-422, H-412, H-419 y las variedades Gemeiza-8047, Obregoñ-8045 y

V-425. Esta respuesta era de esperarse si tomamos en cuenta que el análisis no arrojó diferencias significativas para el coeficiente de regresión del rendimiento de las variedades sobre los índices ambientales. Este resultado nos está indicando la adaptación amplia de estas variedades en los ocho ambientes probados, entendiendo como amplia adaptación al proceso por el cual las plantas reaccionan poco al ser cambiadas de ambiente (Allard 1967, Brauer 1969, Alcazar 1983). Según Finlay y Wilkinson (citados por Jimenez, 1979) las variedades con coeficiente de regresión igual a uno ($B_i=1$) tienen estabilidad promedio, y si se asocian a rendimientos altos estas variedades tienen amplia adaptación. De estas variedades con coeficiente de regresión igual a la unidad son tres las que tienen rendimientos arriba del promedio (5251 Kg/ha): H-421, Gemeiza-8047 y H-422. Tomando en cuenta lo que dicen Finlay y Wilkinson (citados por Jimenez, 1979) estas variedades serían las que tendrían amplia adaptabilidad, propiamente por sus altos rendimientos; mientras que H-412, H-419, V-425 y Obregon-8045 por sus bajos rendimientos tienden a tener una reducida adaptación.

Solo una variedad se adaptó a condiciones óptimas de cultivo (ambientes favorables); y es la V-455 con un coeficiente de regresión superior a la unidad ($B_i>1$) es decir es una variedad que responde favorablemente a la mejora de las condiciones de cultivo, mayor respuesta a la aplicación de fertilizante, óptimo

suministro de agua, desarrollo en suelos ricos, etc. Es una variedad que es sensible a los cambios del ambiente (estabilidad abajo del promedio) y esta adaptada a ambientes favorables que en el caso de este estudio son: Jimenez, Buenaventura y Ascención, Chih. donde tendría su mayor potencial de producción.

Por último hay también una variedad adaptada a condiciones limitantes del cultivo (ambientes pobres); que es la variedad V-424, con un coeficiente de regresión menor a uno ($B_i < 1$) lo que la hace tener adaptación en todos aquellos ambientes pobres con escasa tecnología de cultivo y en los que puede esperarse utilizando esta variedad un margen de producción aceptable.

5.2. Clasificación de las Variedades según la Desviación de Regresión

Para calificar la estabilidad de los genotipos no es suficiente determinar el coeficiente de regresión, sino que mas bien lo que determina esta estabilidad es la suma de cuadrados de las desviaciones de regresión, que cuanto mas bajas sean mayor sera la estabilidad del rendimiento, es decir es posible preveer que se tendrá el mismo comportamiento en rendimiento de la variedad sembrada, (Eberhart y Russell 1966, CIMMYT 1984).

En esta evaluación encontramos que son tres las variedades que estadísticamente tienen desviaciones de regresión iguales a cero estas son: V-455, V-424 y V-425 los cuales son de confiar ya que podemos preveer que sus rendimientos no van a variar considerablemente por los cambios ambientales por lo que proporcionarían al agricultor cierta seguridad económica al utilizarlos. Estos materiales son variedades de polinización libre, lo cual confirma lo dicho por Rowe y Andrews (1964) y Alcazar (1982) donde indican que los grupos segregantes son mas estables que las líneas endógamicas o híbridos F₁, considerando que hay algunos híbridos que presentan adaptabilidad por la razón de provenir de líneas con pocas autofecundaciones, con poco grado de endogamia o por la estabilidad heredada de materiales originales donde se ha observado esta característica.

Estas variedades aunque no son grupos segregantes, por el mismo método de selección son estables pues han surgido de un esquema que aplica la selección recurrente al mejoramiento poblacional divergente-convergente, seleccionandose de las 250 familias las 10 mejores, para integrar la variedad experimental. Este esquema permite en cada ciclo de evaluación y selección la acumulación gradual, continua y constante de genotipos con una mayor adaptación, una mayor estabilidad y un potencial de rendimiento cada vez mas elevado. Lo anterior es posible debido a que en el proceso se va exponiendo a las poblaciones,

estructuradas con las 250 familias, a una gran diversidad de ambientes que varían en cuanto a tipos de suelos, regímenes de precipitación, humedad, temperatura, plagas y patógenos causales de enfermedades (Cota Agramont et al, 1983). La inclusión de más de un ambiente en el mejoramiento permite la estimación de la interacción genotipo-ambiente, y permite combinar los resultados a través de ambientes para determinar las mejores familias a recombinar.

Cabe hacer mención del híbrido H-421 el cual es significativamente diferente de cero por lo que resulta inconsistente, sin embargo es el cuarto material en orden que presenta desviaciones de regresión más bajas, sobresale por que su inconsistencia no es tan alta como la de otros materiales a pesar de ser un híbrido de cruce simple, como el H-422 que tiene una de las desviaciones de regresión más altas y por ende su inconsistencia es también muy alta.

En el segundo grupo con desviaciones de regresión mayores a cero quedan ubicados cinco genotipos los cuales son inconsistentes en su comportamiento, tres híbridos: H-422, H-412 y H-419 y dos variedades: Gemeiza-8047 y Obregón-8045. En contraste con lo anterior el híbrido H-419 es una cruce doble que teóricamente debería tener una mayor capacidad de amortiguamiento que los híbridos de cruce simple como H-412, H-421 y H-422.

5.3. Identificación de Variedades Deseables

De todas las variedades evaluadas encontramos que solo tres son las que podrían rendir buenos resultados al utilizarse en la región Norte-Centro de México. En primer término sobresale la variedad V-425 con un coeficiente de regresión igual a la unidad y una desviación de regresión igual a 0, lo cual la hace ser una variedad ideal pues además de su adaptación conserva una alta consistencia; sin embargo, como mencionan Finlay y Wilkinson (citados por Jimenez, 1979), y Eberhart y Russell (1966); una variedad con amplia adaptación además de presentar coeficientes de regresión igual a la unidad y desviaciones iguales a cero debe tener altos rendimientos. En este caso la variedad V-425 tienen rendimientos de 4906 Kg/ha abajo del promedio (5251 Kg/ha), por lo que esto hace a esta variedad no ser tan deseable, y solo es posible utilizarla en aquellas localidades donde año con año las condiciones ambientales son muy cambiantes, y de esta forma asegurar una producción razonable, aunque cabe aclarar que en este estudio no hubo diferencias estadísticas entre todas las variedades.

Otra de las variedades sobresalientes por su alto rendimiento (5522 Kg/ha) es la variedad V-455; esta variedad por su coeficiente de regresión mayor a uno y desviaciones de regresión iguales a cero, esta altamente

adaptada a condiciones muy favorables de cultivo, respondiendo a la mejora en la tecnología de producción; se puede sembrar en aquellas localidades que cuentan con los medios para incrementar los rendimientos. Tiene la gran ventaja de que su comportamiento es previsible, ya que bajo condiciones de desarrollo de cultivo óptimas el rendimiento año con año no variaría mucho sino que se mantendría debido a su alta consistencia.

Esta misma situación de lo previsible de su comportamiento se presenta con la variedad V-424 que tiene una desviación de regresión igual a cero y un coeficiente de regresión menor a la unidad lo cual la hace estar adaptada a condiciones desfavorables de cultivo, es deseable para sembrarse en aquellos ambientes pobres con restricciones de clima y tecnología de cultivo como se presenta en Matamoros y Zaragoza, Coah.; en este tipos de ambientes con esta variedad es posible obtener rendimientos aceptables, donde otro tipo de variedades bajo las mismas condiciones tienen bajas producciones.

Del grupo de híbridos (H-421, H-422, H-419 y H-412) todos se adaptan a la región Norte-Centro de México pero tienen la gran desventaja de ser inconsistentes. De este grupo los híbridos H-419 y H-412 están siendo desplazados actualmente por los híbridos H-421 y H-422 que son de reciente formación; destacando por sus altos rendimientos el H-421 (5758 Kg/ha) además

de que de todos los materiales tiene el mas alto rendimiento (3492 Kg/ha) bajo condiciones pobres de cultivo, (ver Cuadro 7). Este híbrido en el análisis presenta inconsistencia en su comportamiento; sin embargo, considerando su desempeño en todas las localidades, por sus altos rendimientos es un material recomendable para sembrarse en todo el Norte-Centro de México; no sin olvidar que es posible que en aquellos lugares con condiciones muy pobres de cultivo es mejor hacer uso de otro tipo de variedades como la V-424. Considerando que incluso el híbrido H-421 puede ser un material que por sus rendimientos tenga mayor impacto que la variedad V-425 que es muy estable pero con rendimientos mas bajos en este estudio (4906 Kg/ha).

Los otros dos materiales con rendimientos arriba del promedio, Gemeiza-8047 (5372 Kg/ha) y H-422 con (5304 Kg/ha) son variedades con un coeficiente de regresión igual a uno, adaptadas a todas las localidades pero que tienen una alta inconsistencia sobretodo el híbrido H-422, los cuales tienen desviaciones de regresión muy altas por lo que son muy inestables en su comportamiento. Esto da lugar a no utilizar este tipo de materiales con alto riesgo para bajos rendimientos al variar las condiciones de cultivo, ya que como menciona Marquez citado por Martinez (1977) para el agricultor es mas conveniente tener una variedad estable ya que las predicciones que hiciera con respecto al rendimiento le permitirían hacer un mejor planteamiento general de

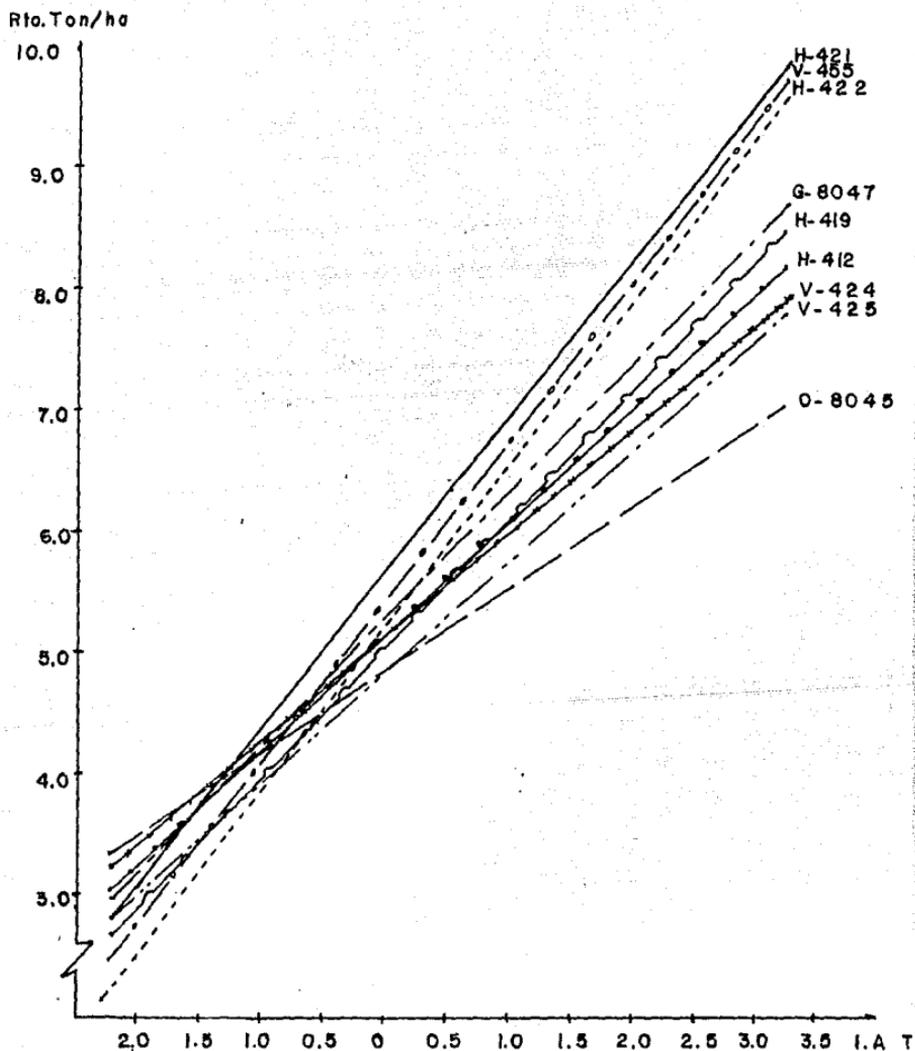
su producción, que con una variedad tan inestable como H-422 y Gemeiza-6047. El resto de los materiales (H-412, H-419 y Obregon-6045) por sus rendimientos abajo de la media de producción y sus altas desviaciones de regresión los hacen no recomendables para su siembra.

Es importante considerar que las variedades altamente consistentes provienen de un método de selección recurrente el cual ha permitido dar una mayor adaptación y estabilidad a las poblaciones que se mejoran bajo este procedimiento. Las variedades V-455, V-425 y V-424 fueron las únicas en este estudio que mostraron ser altamente consistentes, esto debido también a que como variedades son genéticamente más heterogéneas, brindan mayor protección contra riesgos ambientales y están capacitadas para tener mejores rendimientos en condiciones no óptimas de manejo (con excepción de V-455) en comparación a los híbridos (Pardey et al 1982). Sin embargo el desarrollo de variedades y líneas superiores depende en gran parte del comportamiento promedio de la población de la cual fueron derivadas, de tal forma que una población formada a través de una selección cíclica que incrementan las posibilidades de derivar líneas endogámicas superiores, las cuales serían ideales para iniciar un programa de hibridación. Tal es la situación que se presenta con estas variedades (V-425, V-455 y V-424). De las cuales es posible obtener líneas para iniciar un programa de hibridación con la ventaja de que la estabilidad en el

rendimiento es genéticamente heredable (Matsuo 1975, Hanson et al 1985). Aunque actualmente en la mayoría de los países en desarrollo la industria de las semillas híbridas, no realiza un trabajo adecuado en cuanto a la producción y distribución de las semillas. Las dificultades en la producción y distribución de las semillas impide que muchos países inicien programas genotécnicos laboriosos y costosos de desarrollo de híbridos, de tal forma que con variedades de polinización libre, la distribución de semilla puede hacerse de manera mas rápida, facilitada mucho por el movimiento de semillas entre los propios agricultores y a un costo mucho mas bajo que las semillas híbridas (Vasal, et al 1983).

5.4. Líneas de Regresión

Analizando la Figura 1 donde encontramos las líneas de regresión de cada uno de los materiales evaluados se confirma la fuerte interacción entre las variedades y los ambientes probados. Observando las líneas de V-424, Obregon-8045 y H-412 vemos como en ambientes desfavorables tienen el mejor rendimiento mas sin embargo al ir cambiando a ambientes mas favorables va decreciendo en gran medida su rendimiento con respecto a los otros materiales hasta ubicarse en las producciones mas bajas en los ambientes mas favorables como Ascención y Jimenez, Chih. De estas variedades la V-424 es estable y



Figural. Líneas de regresión del comportamiento de nueva variedades de maíz en ocho ambientes del norte de México.

adaptada específicamente a ambientes desfavorables; H-412 y Obregón-8045 presentan valores muy altos en sus desviaciones de regresión por lo que son muy inconsistentes.

Por otro lado vemos que los materiales V-455 y H-422 en ambientes desfavorables tienen los más bajos rendimientos pero que al mejorar las condiciones de cultivo expresan con mayor grado su potencial de rendimiento hasta tener las más altas producciones en ambientes favorables; recordando que la variedad V-455 está adaptada a ambientes favorables y que su consistencia es muy alta ($S^2_{di}=0$) no así con H-422 que si bien se adapta a todas las condiciones tienen los más altos valores de desviación de regresión ($S^2_{di}>0$) por lo que es muy inconsistente y no representa ninguna garantía para el productor.

La línea de regresión del híbrido H-421 en ambientes desfavorables tiene un comportamiento regular con rendimientos medios pero a medida también que mejoran las condiciones llega a tener el más alto rendimiento, siendo una variedad deseable para el agricultor aunque dentro de los parámetros de estabilidad la desviación de regresión solo fue significativa la hace ser inconsistente pero por sus altos rendimientos es una variedad sobresaliente.

La única variedad estable y consistente fue la V-425, si observamos su línea de regresión vemos que ya en ambientes favorables su comportamiento es de regular pero por su estabilidad y consistencia debe de seguirse evaluando en toda la Zona Norte para confirmar este comportamiento y ver si mejora su potencial de producción en ambientes mas ricos lo que la haría ser una variedad muy sobresaliente.

Del resto de las variedades vemos que sus líneas de regresión se ubican dentro de los rendimientos medios, con la desventaja de que Gemeiza-8047, H-419 son altamente inconsistentes.

VI CONCLUSIONES

- 1.- Los analisis de varianza individuales por localidad indicaron diferencias altamente significativas entre variedades.
- 2.- El analisis para parametros de estabilidad no indica diferencias estadisticas entre variedades, pero si altamente significativas en la interaccion genotipo-ambiente.
- 3.- Solo tres variedades mostraron ser altamente consistentes en las localidades de prueba: V-424, V-425 y V-455.
- 4.- Unicamente la variedad V-425 fue estable y consistente en todo el Norte-Centro de Mexico. Sin embargo su rendimiento (4906 Kg/ha) se ubica por abajo de la media general (5251 Kg/ha).
- 5.- La variedad V-455 se adapta a ambientes favorables con la ventaja de ser altamente consistente y con altos rendimientos (5522 Kg/ha).
- 6.- La variedad V-424 se adapta a ambientes desfavorables con una alta consistencia en su rendimiento.
- 7.- El hibrido H-421 tuvo el mas alto rendimiento en todas las localidades, sin embargo muestra cierto grado de inconsistencia en los mismos.
- 8.- La variedad Gemeiza-8047 y el hibrido H-422 tienen rendimientos superiores a la media general pero son altamente inconsistentes.
- 9.- Los materiales ideales para utilizarse en la region Norte-Centro de Mexico por su adaptacion, estabilidad y altos rendimientos son: H-421, V-455, V-424 y aun con sus rendimientos mas bajos V-425.
- 10.- El sistema de seleccion determina en gran medida la estabilidad en el rendimiento de los materiales.
- 11.- Las localidades mas favorables para el cultivo de maiz fueron: Jimenez y Ascencion, Chih.

BIBLIOGRAFIA

Acosta G., J.A. y I. Sanchez V. 1985. Adaptación y estabilidad de diferentes materiales de frijol Phaseolus vulgaris L. en la region temporalera del norte-centro de México. Agric. Téc. Méx. 11:105-119.

Alcazar J.J.,A. 1983. Análisis del comportamiento de maices mejorados para el trópico húmedo de México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Universidad de Chapingo, Méx. 117 p.

Allard, R.W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Ed. Omega. Barcelona, España. pp 102-103.

————— y P.E. Hansche. 1964. Some parameters of population variability and their implications in plant breeding. *Advances in Agronomy* . pp 281-325.

Brauer, H. D. 1969. Fitogenética aplicada. Ed. Limusa. Méx. pp 252-256.

Bucio A., L. 1966. Environmental and genotype-environmental

components of variability. I. inbred lines. *Heredity*
21 (3) : 387-397.

Carballo C., A. 1970. Comparación de variedades de maíz del
Bajo y de la Mesa Central por su rendimiento y
estabilidad. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados
Chapingo, Méx.

----- y F. Marquez S. 1972. Composición de variedades
de maíz de el Bajío y la Mesa Central por su rendimiento
y estabilidad. *Agrociencia*. 5 (1): 129-146.

Chavez Ch., J. 1977. Estabilidad del rendimiento del grano de
avena (*Avena sativa* L.) en diferentes agrupamientos
ambientales. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados.
Chapingo, Méx. 65 p.

CIMMYT, 1984. Maize Facts and Trends. Report Two: An Analysis
of Changes in Third World Food and Feed Uses of Maize.

----- 1985. Reseña de la Investigación 1984. México.
pp 103.

Cota A., O., R. Valdivia B., J.M. Valenzuela V., S. Peraza M.,

P. Felix V. y A. Soqui G. 1983. Nuevas variedades de
maíz de libre polinización para el trópico de México.
Foll. Téc. No.3 INIA 24 p.

Eberhart S., A. y A. Russell W. 1966. Stability parameters for
comparing varieties. Crop. Sci. 6: 36-40.

Hanson H., N.E. Borlaug. y R.G. Anderson. 1985. Trigo en el
tercer mundo. CIMMYT. México. pp. 15.

Jimenez C., A.A. 1979. Estabilidad del rendimiento y de algunos
componentes fisiotécnicos en sorgo (Sorghum bicolor (L)
Moench). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo,
Méx. 201 p.

Juarez E., R. 1977. Interacción genotipo-medio ambiente en la
selección y recomendación de híbridos de sorgo para
grano. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo,
Méx. 108 p.

Lopez J., A. 1976. Utilización de parámetros de estabilidad
para la elección de variedades de maíz de riego y

temporal para el estado de Durango. Tesis profesional.
Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo,
Coah. 69 p.

Marquez S., F. 1974. El problema de la interacción genético-
ambiental en genotecnia vegetal. Ed. Patena. Escuela
Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx.

Martínez S., J.J. 1977. Correlaciones y parámetros de
estabilidad en rendimiento y calidad de trigo. Tesis
M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 89 p.

Mier C., R. 1984. Estabilidad en rendimiento de frijol
(Phaseolus vulgaris L.), en la zona templada húmeda de
México. Agric. Téc. Méx. 10: 133-151.

Muñoz O., A., J. A. Gonzalez M., M. Livera M., A. Lopez H. y
J. Ron P. 1976. Mejoramiento de maíz en el CIAMEC. 11.
Ampliación de la base germoplasmica y su aprovechamiento
considerando caracteres agronómicos y rendimiento. In:
Memoria del sexto Congreso Nacional de Fitogenética.
SOMEF1. 26-28 de Julio. Monterrey, N.L. pp 113-123.

Ortega P., R. 1977. Reorganización del mejoramiento genético

del maíz en el INIA. En. Hernandez, X.E. (ed).

Agroecosistemas de México: Contribuciones a la
enseñanza, investigación y divulgación agrícola.

Chapingo, Méx. pp 369-390.

Oyervides M., G., A. Oyervides G. y F.A. Rodríguez A. 1981.

Adaptabilidad, estabilidad y productividad de variedades
tropicales de maíz (*Zea mays* L.). Agric. Téc. Méx.

7:3-23.

Palomo G., A. 1974. Interacción genotipo-medio ambiente y

parámetros de estabilidad en variedades de algodónero

G. hirsutum L. para la Comarca Lagunera. Tesis M.C.

Colegio de Postgraduados. Chapingo, Mex. 117 p.

Poehlman, J. M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas.

Ed. Limusa. México. pp 72-73.

Reich, V.H. y R.E. Atkins. 1970. Yield stability of four

population types of grain sorghum, Sorghum bicolor (L.)

Moench, in different environments. Crop. Sci. 10:

511-517.

Robles S., R. 1975. Producción de granos y forrajes. Ed.

Limusa. México.

Rowe, P.R y R. H. Andrew. 1964. Phenotypic stability for a

systematic series of corn genotypes. *Crop. Sci.*

4:563-567.

Sanchez G., J. J. 1977. Efecto de niveles de divergencia

genética y factores ambientales en la expresión

fenotípica de variedades sintéticas de maíz. Tesis

M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 175 p.

Saxena, S. y A.R. Dabholkar. 1981. Stability of yield

components and their effects in sorghum. Reimpreso

Genetica Agraria. 36: 269-276.

Sprague G. F. y W. T. Federer. 1951. A comparison of variance

components in corn yield trials: II error, year x

variety, location x variety and variety components.

Agron. J. 43: 535-541.

Stoskopf, N. C. 1981. Understanding Crop Production. Reston Publishing Company, Inc. A Prentice-Hall Company. Reston, Virginia. E.U.A. pp 51.

Torrice P., B. R. 1973. Comportamiento en ambientes variables de veinte variedades de maíz (*Zea mays* L.) desarrolladas en condiciones contrastadas de medio ambiente. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

Varela A., J. D. y J. Franco D. 1974. Adaptabilidad de variedades promisorias de trigo. IX Reunión de ALAF. Panamá. (mimeografiado).

Wilsie, C.P. 1962. Crop adaptation and distribution W.H. Freeman and Co. San Francisco and London. 448 p.

Zapala A., R. J. 1983. Parámetros genéticos y de estabilidad de caracteres agronómicos en maíces opaco-2 modificados. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 125 p.