

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



ESTABILIDAD DE OCHO GENOTIPOS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
DURANTE CINCO AÑOS DE EVALUACIÓN EN NAVIDAD, NUEVO LEÓN.

POR:

RAFAEL MEJÍA CAMARGO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO DEL 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

ESTABILIDAD DE OCHO GENOTIPOS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris L*)
DURANTE CINCO AÑOS DE EVALUACIÓN EN NAVIDAD, NUEVO LEÓN.

TESIS PRESENTADA POR:

RAFAEL MEJÍA CAMARGO

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

M.C ADOLFO GARCÍA SALINAS
ASESOR PRINCIPAL

M.C. ADOLFO ORTEGÓN PÉREZ
SINODAL

ING. MODESTO COLÍN RICO
SINODAL

M.C. FERNANDO RODRÍGUEZ GONZÁLEZ
SUPLENTE

M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA
COORD. DIV. DE AGRONOMÍA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO DEL 2003.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE FIGURA.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Interacción genotipo – ambiente.....	4
Estabilidad.....	10
MATERIALES Y METODOS.....	21
1.-Material genético.....	21
2.-Ambientes.....	22
3- Características generales de la localidad.....	22
4.-Diseño experimental.....	23
5.-Conducción de los experimentos.....	23
5.1.-Análisis de varianza para estimar la estabilidad.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
CONCLUSIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	

DEDICATORIA

A Dios padre y a la Virgen Maria de Guadalupe, por que siempre me iluminaron para llegar al camino de la verdad, dándome fuerzas en los momentos difíciles de la vida.

A mis Padres, Roberto Mejía Cruz y Fabiola Camargo Pérez y hermanos, Marco Antonio, Ángel, Yaneth, Dennis Guadalupe, por su gran apoyo en todo momento, confianza, gracias los llevo siempre en mi corazón.

A los compañeros de la generación noventa y dos de la carrera de ing. Agrónomo en producción.

Amigos paisanos que convivieron conmigo inolvidables momentos, Lorenzo, Juan Antonio, Ambrosio, José Viveros, Flemón, Roberto, Francisco, Martín, Pedro, Cutberto, Damián, Jorge, Aldana, Juan Felipe, Raúl, Avelino Monroy, Felipe, Ñonthe, José Martínez, José Pérez.

A prometida Vanesa Lily Sánchez Riojas, por su comprensión, cariño y amor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre, por haberme dado la oportunidad de vivir en este mundo tan hermoso y la fortaleza en los momentos de tristeza y alegrías a lo largo de mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme dado la oportunidad de adquirir los conocimientos necesarios para cumplir el sueño de ser ingeniero agrónomo.

A mis padres que me apoyaron para venir a culminar los estudios profesionales en esta casa de estudios.

Muy especialmente al M.C. Adolfo García Salinas, por su apoyo, asesoría para la culminación del presente trabajo, al igual que la amistad y consejos que me brindo en cada momento.

Al D.R. Alfredo de la Rosa Loera, por su atención, asesoría y amistad.

A los profesores y investigadores M.C. Adolfo Ortegón Pérez, M.C. Fernando Rodríguez González y el ING. Modesto Colín Rico, por su amable atención, asesoría en este trabajo.

Y a todos y cada uno de los profesores que me transmitieron su experiencia profesional en conocimientos y que me brindaron su valiosa amistad dentro y fuera de la institución.

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
3.1 Genotipos utilización para la estimación de parámetros de estabilidad.....	21
3.2 Análisis de varianza para estimar parámetros de estabilidad a través del modelo propuesto por Eberhart Russel (1966).....	26
4.1 Cuadrados medios de tratamientos, error, media de rendimiento, coeficientes de variación, significancias y valor de DMS.....	28
4.2 Medias de rendimiento y pruebas de DMS en los cinco años (ambientes).....	29
4.3 Media de rendimiento por hectárea en cinco años e índices ambientales de los 8 genotipos de fríjol.....	32
4.4 Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de 8 genotipos de fríjol evaluados en 5 años para la variable rendimiento por hectárea.....	34
4.5 Rendimiento promedio, coeficiente de variación y desviación de regresión de los 8 genotipos de fríjol.....	35

INDICE DE FIGURA

FIGURA	PAGINA
1.Comportamiento de los 8 genotipos en base al rendimiento promedio sobre el valor de índice ambiental evaluados durante cinco años en la localidad de Navidad, N.L.....	37

I.-Introducción

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es originario del área de México –Centro América, cultivándose desde los trópicos hasta las regiones templadas. En el mundo se destinan para siembra una superficie aproximada de 23 millones de hectáreas, aunque en el año 2000 el área rebasó estas cifras estableciéndose 26.53 millones.

Dentro de lo principales países productores de esta leguminosa , están India y Brasil, cuyos volúmenes de producción han rebasado los dos millones de toneladas durante los últimos once años.

En México, es el segundo cultivo de importancia, después del maíz, debido a la superficie que se dedica a la producción de este grano básico, así mismo es la principal fuente de proteína no animal, estableciéndose alrededor de dos millones de hectáreas anualmente, con un rendimiento medio que oscila de 454 a 587 kg ha⁻¹, esto como resultado de que se cultiva 80 por ciento de la superficie aproximadamente en condiciones de temporal.

De las regiones de mayor producción en México, tenemos a la templada-semiárida en el norte – centro que comprende a los estados de Chihuahua,

Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes y Norte de Guanajuato, en donde se siembra el 64.91 por ciento de la superficie nacional, en esta zona el 92.54 por ciento se siembra bajo condiciones de temporal, el cual en muchos de los casos tiene deficiente precipitación y con un rendimiento medio de 531kg ha⁻¹.

Otra de las regiones de importancia es la costa noroeste que comprende a los estados de Nayarit, Sinaloa y Sonora en donde realizan siembras en el ciclo otoño – invierno bajo condiciones de riego o humedad residual , con el 10.06 por ciento de la superficie nacional, aportando el 21.47 por ciento de la producción nacional de frijol con un rendimiento medio de 1248 kg ha⁻¹.

El frijol , siendo un alimento básico en la dieta del mexicano, tiene un consumo per cápita promedio de 13 kg, necesitándose alrededor de un millón y medio de toneladas anualmente para satisfacer la demanda nacional; en el año 2000 se cosecharon novecientas mil toneladas aproximadamente, y en el 2001 un millón cien mil toneladas, teniendo un déficit de 400 y 200 mil toneladas respectivamente, por lo que se tuvo que recurrir a las importaciones generando un gasto mas al país.

Los bajos niveles de producción se deben a la acción e interacción de diversos factores que afectan al cultivo, como la precipitación irregular y escasa, la presencia de heladas tempranas que afectan en la etapa de madurez de la planta, el control oportuno y eficaz de plagas de suelo y follaje,

enfermedades, malezas, la disponibilidad de maquinaria agrícola, el uso adecuado de agroquímicos y fertilizantes así como el escaso uso de semillas mejoradas. Otro factor digno de mencionar es la fuerte interacción con el medio ambiente que presentan las variedades sembradas en las diversas zonas productoras, lo que redundará en una fuerte fluctuación en el rendimiento obtenido a través de los años, esto debido a la poca estabilidad que presentan; por lo anteriormente mencionado los mejoradores de plantas han buscado en sus programas de selección, formar genotipos que tengan una amplia adaptación y una estabilidad adecuada; en base a lo anterior, el presente trabajo se planteó con los siguientes objetivos:

- (a) Determinar la estabilidad de 6 líneas experimentales de frijol tipo bayo del programa de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro comparándolas con dos variedades testigo.
- (b) En base al comportamiento de las líneas, recomendar para su registro como nueva variedad a la mejor.

Hipótesis

Dentro de las líneas evaluadas existe al menos una que supera en rendimiento y estabilidad a las variedades testigo.

II.-REVISION DE LITERATURA

2.1-Interacción Genotipo - Ambiente

La interacción Genotipo – Ambiente puede definirse como el comportamiento relativo diferencial que manifiestan los genotipos cuando se les prueba en ambientes diferentes.

Con la irregularidad de las precipitaciones pluviales y la gran variabilidad de los factores edáficos y topográficos presentes en nuestro país se incrementa la importancia del fenómeno de la interacción genotipo - ambiente. La estabilidad en el comportamiento que manifieste un genotipo va a depender de su contribución relativa a la interacción genotipo - ambiente, cuando se le compara en un ensayo de evaluación con otros genotipos en varios ambientes.

La presencia casi universal del fenómeno de la interacción genotipo - ambiente, la cual obstaculiza el progreso de la selección, hace indispensable que todo programa de mejoramiento genético incluya una etapa de evaluación de campo de los materiales seleccionados, lo cual consume de un 30 a un 40

por ciento del tiempo requerido, y quizás, mas del 50 por ciento de los recursos económicos necesarios para obtener un cultivar.

El mejorador de plantas cuenta con dos estrategias disponibles para encarar el problema de la interacción genotipo - ambiente: a) subdividir el área heterogénea en pequeñas subareas que posean condiciones ambientales más homogéneas (Homer y Frey,1957 y Llang, et al., 1976), y b) la selección de genotipos o variedades con un alto grado de estabilidad; Dado que dentro de pequeñas áreas es posible encontrar grandes efectos de interacción, el primer enfoque constituye una solución parcial del problema, la segunda estrategia es la que ha recibido mayor atención por parte de los mejoradores de plantas.

El efecto puramente ambiental es, lógicamente, ruido que debe eliminarse tanto como se pueda para que el buen genotipo que hemos seleccionado se manifieste en toda su plenitud, evidentemente, la técnica experimental trata de conseguirlo procurando las condiciones más uniformes posibles basándose en el control de luz, temperatura, agua, medio de cultivo, abonados, tratamientos, etc., pero el ambiente siempre es una variable agrícola temible.

Durante mucho tiempo fue un principio aceptado por los mejoradores el seleccionar para una determinada región, es decir, para un determinado ambiente; ello conlleva a la aceptación de que las verdaderas variedades producidas para una cierta región no fueran buenas en otra, hoy en día, las

grandes casas comerciales y los centros internacionales buscan variedades con gran plasticidad, esto es, que se comporten por igual en gran número de ambientes distintos; eso les permite realizar el trabajo en un solo lugar geográfico, en lugar de estar obligados a hacerlo en tantos ambientes como regiones agrícolas existan en el área de interés económico.

Una gran cantidad de métodos estadísticos desarrollados a través de los años, algunos de gran complejidad matemática, sirven para estimarla y cuantificarla; en la época de la agricultura regional, solo había que conocer su existencia y hacer, en todo caso, alguna pequeña estimación; Hoy, con agricultura global dominante, hace falta incluirla en todas las formulas que nos permitan incrementar el rendimiento.

Billings (1968), indica que el ambiente es la suma de todas las substancias y fuerza que actúan sobre la planta, modificando su crecimiento, estructura y reproducción desde un punto de vista analítico.

Easton y clements (1973) condujeron un experimento con un factor específico del ambiente (niveles de nitrógeno) para examinar varios procedimientos en el análisis de interacción genotipo – ambiente y examinaron sus bondades para reconocer los genotipos que contribuyen significativamente a tal interacción.

Bradshaw (1965) concluye que un genotipo individual muestra características particulares en un ambiente dado, en su segundo ambiente puede permanecer igual o ser diferente, por otro lado la plasticidad es mostrada por un genotipo cuando su expresión es capaz de alterarse por influencias ambientales. Esta alteración puede denominarse respuesta y dado que todos los cambios que no son genéticos en los caracteres de un organismo son ambientales, la plasticidad de un carácter puede ser de gran importancia para el mejorador a fin de que este pueda desarrollar variedades superiores mejoradas y es aplicable a toda la variabilidad intragenotípica. Cuando los genotipos son comparados sobre una serie de ambientes, los comportamientos relativos individuales difieren, así mismo, señala que al probar variedades por varios años en varias regiones, la interacción genotipo – ambiente resulta elevada y por lo tanto será necesario estudiar las relaciones entre los diferentes factores ambientales.

Hardwick y Wood (1972) demuestran que el método usual de la regresión de la producción de los genotipos sobre las medias ambientales da lugar a estimados sesgados de la pendiente de la línea de regresión. Ellos proponen como alternativas: el uso de la regresión múltiple sobre niveles de variables ambientales o utilizar modelos más elaborados.

Freeman y Perkins (1971) comentaron que cuando los índices ambientales no son independientes de los genotipos incluidos en el análisis, el método de la regresión lineal es estadísticamente inválido, ya que la suma de

cuadrados para la regresión conjunta es la misma que el total de la suma de cuadrados para ambientes y no parte de este. Con relación a la medida de los efectos ambientales, ellos concluyeron que el uso de la misma especie, de la cual algunos genotipos son estudiados en su estabilidad, sería la mejor manera de estimar los índices ambientales. Así mismo sugieren que estos índices sean estimados por uno o más genotipos diferentes a los incluidos en el estudio de discriminación de la estabilidad.

La aplicación del método de regresión lineal origina un tercer estadístico, además del coeficiente de regresión y del cuadrado medio de la desviación de regresión (S^2_{di}), como lo es el coeficiente de determinación (r^2); el cual puede ser utilizado como un índice de estabilidad. El primer investigador en sugerir y utilizar este estadístico como parámetro de estabilidad fue Pinthus (1973), quien lo interpreta como la proporción de la variación en la producción que es atribuible a la regresión.

Los métodos de una u otra forma fraccionan la varianza de la interacción genotipo - ambiente para usar el componente correspondiente a cada genotipo como una medida de estabilidad ha sido incluida por Lin *et al.* (1986) dentro del tipo 2, es decir, que lo enmarcan dentro de la técnica de regresión. Pero para el cálculo de estos parámetros no es necesario efectuar el análisis de regresión.

Plaisted y Peterson (1959) utilizan el promedio de los componentes de varianza de la interacción genotipo - ambiente de todos los pares de genotipos

que incluyen el $i^{\text{ésimo}}$ genotipo como una medida de estabilidad de ese genotipo, mas tarde proponen efectuar análisis de la varianza excluyendo un genotipo a la vez y que la varianza de la interacción genotipo - ambiente sea utilizada como índice de estabilidad del genotipo excluido.

Wricke (1962) fracciona la suma de cuadrados de la interacción genotipo - ambiente por una fórmula para obtener la contribución de cada cultivar. Este parámetro, que él denota por W_i , esta relacionado con los parámetros de Eberhart y Russell.

Shukla (1972) propone un método practico para dividir la interacción genotipo- ambiente en componentes (s^2_i) atribuibles a cada uno de los genotipos incluidos en el estudio y que él denomina varianza de estabilidad.

Rocha (1984) en su investigación sobre el efecto de la interacción genotipo – ambiente sobre la asociación de caracteres en frijol común, concluye que los materiales presentaron una respuesta diferencial en los distintos ambientes, indicando un alto grado de interacción genotipo- ambiente, siendo las variedades Bayo Durango, Bayo 400, Ojo de cabra y canario 400 las más sensibles a efectos de fotoperiodismo y temperaturas; mientras que los genotipos Mulato, Ciateño, Ojo de cabra 73, FE-30-RB, 11-6-F-47-2-5-V y FE-31-RB por su estabilidad en el rendimiento en las localidades de Río Bravo Tamps. ,Calera Zac. , Francisco I Madero Dgo. , Puedan ser utilizadas como progenitores en un programa de mejoramiento.

2.2-Estabilidad

Al fitomejorador, además de los altos rendimientos de los materiales seleccionados, les interesa obtener información sobre la estabilidad de las selecciones en diferentes ambientes para poder recomendar aquellos cultivares que posean un comportamiento consistente.

Márquez (1973) define a una variedad estable como aquella que responde exactamente a los cambios ambientales y no interacciona con el medio ambiente.

Allard y Bradshaw (1964) definen a una variedad estable o equilibrada, como aquella que puede ajustar su estado genotípico y fenotípico en respuesta a las fluctuaciones del ambiente en forma tal que repite esas respuestas para cada localidad y año y lo cual origina dos tipos diferentes de comportamientos:

a).- Individual, cuando cada individuo de una población se adapta a ambientes diferentes.

b).-Poblacional, cuando individuos con diferente capacidad de adaptación coexisten y se adaptan a ciertos ambientes.

Para evaluar la estabilidad de los genotipos o variedades en las etapas preliminares, donde se maneja una gran cantidad, sería deseable disponer de procedimientos sencillos y con cierto nivel de precisión para deshacernos de

aquellos materiales potencialmente de baja estabilidad, mientras que en las evaluaciones para la recomendación final se deberían utilizar procedimientos sensibles y de mayor precisión.

Las investigaciones sobre estabilidad han recibido un interés especial por los mejoradores de plantas, ya que a través de ellas obtienen información valiosa para estudiar el comportamiento de los diferentes genotipos en diversos ambientes, aun en años diferentes.

Jowett (1972) analizó la estabilidad en el rendimiento de líneas e híbridos de dos y tres líneas de sorgo a través de tres procedimientos: Eberhart y Russell (1966), Finlay y Wilkinson(1963), Wricke (1962). Este autor concluye que el análisis de Wricke, basado en un solo parámetro, es el menos informativo de los tres procedimientos. Así mismo, llega a la conclusión que el método de Eberhart y Russell es preferible al método de Finlay y Wilkinson debido a su naturaleza, excepto donde amplias diferencias son esperadas en el rendimiento de los genotipos. En estos casos las variedades de menor rendimiento son forzadas, por la naturaleza aditiva del modelo en la escala aritmética, a tener bajos valores de coeficiente de regresión y de la desviación de regresión lineal y comenta que bajo un modelo logarítmico esto no sucede, por que los parámetros son visualizados como operando multiplicativamente en la base del rendimiento, sin embargo, muestra desacuerdo con el argumento del método de Finlay y Wilkinson que los valores más bajos del parámetro de regresión son los más deseables.

Córdova (1975) refiere que en las pruebas de evaluación de materiales cuando se analizan por la media de rendimiento, como se acostumbra en algunos programas de mejoramiento, se logra una idea sobre la interacción genotipo – ambiente, pero no se obtiene información de la magnitud de la estabilidad de los materiales, además hace notar que si la influencia del medio ambiente no fuera grande, no se necesitaría replicar los ensayos en diferentes localidades, lo cual permite identificar genotipos de mayor rango de adaptabilidad. Por medio de localidades y años múltiples se pueden estimar los componentes de varianza que nos dan información de la importancia de las interacciones entre genotipos , localidades y años de investigación.

Dentro de la técnica de regresión se ubican la mayoría de los métodos paramétricos propuestos para medir la estabilidad. Desde Yates y Cochran (1938), quienes fueron los primeros investigadores en sugerir la técnica de regresión del rendimiento promedio de cada material sobre un índice ambiental, usando como parámetros de estabilidad los coeficientes de regresión del rendimiento de cada cultivar contra los índices ambientales, subdividiendo la interacción genotipo - ambiente en los componentes lineales y no lineales.

Márquez (1974) haciendo uso del concepto de estabilidad enunciado por Eberhart y Russell (1966), señala que un coeficiente de regresión (b_i) igual a 1 o cercano a 1, indicara ausencia de interacción variedad – ambiente, por otra parte, los valores de desviación de regresión de cero o tendientes a cero,

indicaran un mayor grado de confiabilidad en las predicciones que se hagan dentro del rango ambiental estudiado.

Carballo (1970), clasificó las variedades en función de los valores del coeficiente de regresión y la desviación de la regresión; una variedad con $b_i=1$ y desviación $=0$, sería una variedad estable.

Finlay y Wilkinson (1963) utilizan de nuevo la técnica de la regresión para medir la estabilidad del rendimiento. Estos autores obtuvieron por cada variedad de cebada, la regresión del rendimiento de esa variedad en cada ambiente contra al rendimiento promedio de todas las variedades sembradas en cada uno de los ambientes y mencionan que el coeficiente de regresión "b" es una medida de la estabilidad fenotípica. Ellos consideran como una variedad con estabilidad promedio, aquella que presenta un coeficiente de regresión significativamente igual a la unidad ($b_i= 1$) y concluyen que un genotipo estable es aquel que manifiesta un alto potencial de rendimiento en la mayoría de los ambientes, asociado con un valor del coeficiente de regresión igual o próximo a cero.

Eberhart y Russell (1966) mencionan que la interacción genotipo – ambiente se expresa para variedades, líneas puras, híbridos de cruce simple o doble, cruces probadoras, líneas S_1 , etc. y que para reducir la interacción hay que estratificar los ambientes y desarrollar genotipos para cada ambiente específico, con la finalidad de hacer efectiva una estratificación para las áreas

de estudio, como también de los mismos materiales. Para probar variedades en distintas áreas en varios años resulta elevada la interacción genotipo – ambiente y es posible estudiar varias relaciones entre los diferentes factores ambientales, respecto al comportamiento fisiológico de los genotipos y desarrollaron un modelo basado en la regresión para medir la estabilidad, utilizando como parámetro el coeficiente de regresión y la desviación de la regresión. El modelo define los parámetros de estabilidad que pueden ser utilizados para describir el comportamiento de una variedad en una serie de ambientes y utilizan los mismos parámetros empleados por Finlay y Wilkinson (1963), pero incluyen un tercer parámetro, el cuadrado medio de la desviación de la regresión (S^2_{di}) para describir la estabilidad. El concepto de un genotipo estable o inestable también difiere con estos dos métodos y consideran un genotipo estable aquel que presente un alto potencial de rendimiento, un valor del coeficiente de regresión igual a la unidad y una desviación de la regresión igual a cero.

Langer *et al.* (1979) mencionan que intuitivamente el uso del coeficiente de determinación (r^2) como índice de estabilidad, tiende a ser favorecido por estar expresado en forma estandarizada, y por lo tanto, los resultados pueden ser comparados haciendo abstracción de la escala de medida usada en los experimentos y señalaron que para estimar índices de estabilidad en las primeras etapas de la selección sería deseable utilizar un método más simple que la técnica de regresión. En consecuencia sugieren el uso de dos índices de estabilidad fáciles de estimar y que podrían ser de gran ayuda en las primeras

etapas de evaluación de las variedades. El primero, denotado por R_1 se obtiene como una diferencia entre el mayor y menor valor del rendimiento de una variedad en una serie de ambientes y el segundo índice denotado por R_2 se calcula por la diferencia entre el rendimiento de una variedad en el mejor y peor ambiente. Ellos consideran que este segundo índice es más útil que el primero (R_1), aun cuando este último provee una estimación más exacta.

Tai (1971) propone un método basado en el principio de análisis de relación estructural, Este método es casi similar al de Eberhart y Russell (1966) en el sentido de que usa dos parámetros para evaluar la estabilidad; un estadístico que mide la respuesta lineal a los efectos ambientales y un segundo estadístico que mide la desviación de la respuesta lineal. Sin embargo, existen dos diferencias importantes entre ambos métodos. La primera diferencia es que el método de Eberhart y Russell trabaja con toda la variación dentro de genotipos, es decir, fraccionan la suma de cuadrados debido a ambientes e interacción genotipo - ambiente en tres componentes:

Ambiente lineal

Interacción genotipo - ambiente (lineal)

Desviación del modelo de regresión, agrupando las dos primeras como la fuente de regresión.

La segunda es que la estimación de los parámetros involucra una extensión del modelo convencional utilizado en el análisis de la varianza y estos parámetros estiman el potencial genotípico de una variedad por su

estabilidad en diferentes ambientes. Estos autores utilizan índices ambientales calculados a partir del comportamiento de los mismos materiales o genotipos que están siendo evaluados, aun cuando la técnica de la regresión lineal ha sido ampliamente utilizada, su validez ha sido cuestionada por varios investigadores.

Lin *et al.* (1986) investigaron nueve parámetros de estabilidad y su relación con los métodos no paramétricos de un criterio o de múltiples criterios. Ellos clasifican los parámetros en tres tipos:

1. - Aquellos que consideran un genotipo estable si su varianza entre ambientes es pequeña.
2. - Los que consideran un genotipo estable si su respuesta lineal es paralela a la respuesta promedio de todos los genotipos.
3. - Los que consideran un genotipo estable si su desviación de regresión es pequeña.

Los parámetros tipo 2 y 3 pueden ser obtenidos por la técnica de regresión lineal, mientras que los de tipo 1 se obtienen por el análisis de la varianza.

Allard (1961), estudió 10 poblaciones de frijol con 3 niveles de diversidad genética (líneas puras, mezclas y Bulks), para ver la estabilidad en diferentes ambientes y concluye que las poblaciones con diversidad genética amplia, fueron mas estables y consistentes que las poblaciones genéticamente

uniformes. El orden de productividad fue el siguiente: Bulks > líneas puras > mezclas, y el de estabilidad el siguiente: Bulks >- mezclas > líneas puras.

Eberhart y Russell (1969) investigaron con 45 cruzas simples y 45 cruzas dobles de maíz, probadas en 24 localidades durante un período de cuatro años, determinando que las cruzas simples tenían la misma estabilidad que las cruzas dobles, también definieron que las cruzas simples difieren en su habilidad de respuesta a condiciones favorables y que el cuadrado medio de las desviaciones parece ser el parámetro de estabilidad más importante y que probablemente estén involucrados todos los tipos de acción génica en este tipo de estabilidad.

Pacucci y Frey (1972) trabajando con avena midieron la estabilidad del rendimiento de grano utilizando el método de Eberhart y Russell (1966); encontraron que existía una relación positiva entre el rendimiento y valores de regresión, por lo que al disminuir el rendimiento, disminuía el valor de la regresión.

Langer *et al.* (1978) por el contrario, no encontraron asociación entre la media y el coeficiente de regresión $r = 0.10$, corroborando los resultados de Finlay y Wilkinson (1963) y Frey (1972), pero difiriendo de los reportados por Eagles *et al.* (1977); Fakunla y Frey (1974) y Perkins y Jinks (1968) quienes encontraron correlaciones altas entre estas variables.

Bilbro y Ray (1976), estudiando la estabilidad, adaptación y el rendimiento de varios cultivares de algodón, usaron el coeficiente de regresión como una media de adaptación. Ellos comentan que un parámetro lógico para evaluar la estabilidad debería medir la dispersión alrededor de la línea de regresión y que fuese posible su predicción o repetibilidad. Aun cuando ellos reconocen S^2_{di} como un parámetro apropiado para medir la estabilidad, ellos sugieren el uso del coeficiente de determinación (r^2) por las siguientes razones:

- (a) Fácil de calcular
- (b) Independiente de la unidad de medida
- (c) Fácil de interpretar

Las diferencias entre dos valores de este estadístico puede ser estadísticamente probadas.

Davila (1978) al investigar con 20 materiales de maíz en Chimaltenango (altiplano central de Guatemala) pudo seleccionar los materiales de acuerdo a su estabilidad y adaptación por los parámetros de estabilidad y encontró correlaciones entre la media de rendimiento y los coeficientes de regresión $r = 0.99$ y entre la media del rendimiento y las desviaciones de regresión $r = 0.66$

Lozano (1980) trabajando con tres series de experimentos, comparo los métodos de Eberhart y Russell (1966); Wricke (1962); Langer *et al.* (1979) y Pinthus (1973) para probar su efectividad en la evaluación y selección de germoplasma de triticale, reportando correlaciones positivas y altamente

significativas entre la media de rendimiento y el coeficiente de regresión de Eberhart y Russell (1966) y negativas y altamente significativas entre el r^2 y S^2_{di} , mientras que el r^2 y W_i^2 también fueron negativas aunque variables en significancia. Reportó una correlación positiva, pero variable en significancia entre el b_i con los rangos R_1 y R_2 , así como entre los rangos . La correlación entre los demás parámetros varió de experimento a experimento.

Navarro (1982) en un estudio de la interacción genotipo – medio ambiente y sus efectos en los parámetros de estabilidad en líneas restauradoras de sorgo, concluyó que el 57.5 por ciento de las líneas tuvieron coeficientes de regresión (b_i) mayores a la unidad (adaptados a ambientes buenos), el 42.5 por ciento restante tuvo coeficientes de regresión menores a la unidad (adaptados a ambientes malos) por lo que respecta a las desviaciones de regresión (S^2_{di}), el 92.5 por ciento de las líneas fueron estables y el 7.5% por ciento fueron inestables.

Mier (1984) estimó la estabilidad en rendimiento de 21 variedades de frijol en 10 ambientes en zonas templadas de México para identificar materiales con adaptación general y específica. Por medio de la metodología de parámetros de estabilidad logró caracterizar ocho variedades como estables, otros cinco materiales tuvieron buen comportamiento en todos los ambientes pero fueron inconsistentes por tener S^2_{di} diferente a cero, o sea de comportamiento impredecible y el resto de los materiales fueron caracterizados para definir el tipo de ambientes para los cuales tienen buen comportamiento.

Méndez (1986) en la estimación de parámetros de estabilidad en trigo harinero bajo condiciones de temporal, le fue posible identificar cuatro genotipos sobresalientes: ICTA SARA 82, Chat "s", Azteca 67-y Kal que mantuvieron altos rendimientos a través de los diversos ambientes. Los cuatro materiales demostraron ser estables, sus coeficientes de regresión fueron iguales a la unidad y sus desviaciones de regresión iguales a cero.

Zamora (1990) haciendo comparación de diferentes estadísticos de estabilidad de rendimiento de triticale, comprobó que el método de Eberhart y Russell (1966) es más confiable que el de Shukla (1972) y proporciona más información acerca del comportamiento de los genotipos incluidos en el experimento de que se trate.

En todo programa de mejoramiento genético es deseable seleccionar genotipos que tengan simultáneamente, altos rendimientos y estabilidad en su comportamiento, esto los llevara a ser utilizados como progenitores.

III.-Materiales y Métodos

1.- Material genético

Los genotipos utilizados en el presente estudio (cuadro 3.1) consistieron en líneas formadas por el programa de frijol de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y dos variedades como testigos.

Cuadro 3.1 Genotipos utilizados para la estimación de parámetros de estabilidad

Entrada	Genealogía	Origen
1	112-93-36	UAAAN
2	91-93-21-1	UAAAN
3	91-93-8	UAAAN
4	119-93-45	UAAAN
5	114-93-41	UAAAN
6	91-93-21-2	UAAAN
Testigo (7)	Nav 1165	UAAAN
Testigo (8)	Bayo Zacatecas	ZACATECAS

2.- Ambientes

Para la presente investigación se consideraron como ambientes a los 5 años de evaluación, 1996, 1997,1998,1999 y 2000 efectuados en el campo agrícola experimental “ Ing. Humberto Treviño Siller” de Navidad, N.L.

3.- Características generales de la localidad

Ubicación: Esta unidad experimental se encuentra ubicada en la Colonia agrícola de Navidad, perteneciente al municipio de Galeana, N.L. a 84 Km de la ciudad de Saltillo, Coahuila. Por la carretera 57 (Saltillo - San Roberto).

Localización: Se localiza entre las coordenadas geográficas 25° 04' de latitud norte y 100° 37' de longitud oeste; y a una altitud de 1895 msnm.

Clima: Este es semiseco, templado muy extremo con clasificación BS₁ K X' (e').

Temperaturas: La temperatura media anual es de 14.6°C, las heladas se presentan en octubre, pero pueden presentarse desde septiembre, terminando en marzo o abril; la temperatura extrema es de -15°C.

Precipitación: La precipitación media anual es de 492 mm, llueve todo el año, pero durante el verano es mas abundante, siendo los meses mas lluviosos mayo, junio y julio.

Suelos: Predominan los suelos con textura de migajón areno - limoso, con un pH alcalino (7.8 - 8.0) con bajo contenido de materia orgánica, pobres en nitrógeno total, muy bajos en fósforo, con suficiente potasio intercambiable , pero muy bajos en hierro aprovechable y magnesio intercambiable; con una C.I.C. mediana.

Agua de riego: El agua esta clasificada como de calidad condicionada (C₃ S₁) la cual contiene alta salinidad y bajo contenido de sodio.

4.- Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en los ensayos fue el de bloques al azar, con 6 repeticiones. La parcela experimental consto de dos surcos, de seis metros lineales con una separación de 80 cm; la parcela útil consto de cinco metros lineales.

5.-Conducción de los experimentos

Los experimentos fueron sembrados bajo condiciones de riego, realizándose en los mismos las labores culturales recomendadas para el cultivo, aplicando una dosis de fertilización 50-50-00, teniendo problema en la mayoría de los años con conchuela (*Epilachna varivestis*), controlando con aplicaciones de parathion metilico a razón de 1lt/ha.

Para el presente trabajo, solo se tomo en consideración a la variable rendimiento / hectárea, el cual se obtuvo de multiplicar el obtenido por la parcela útil por un factor de conversión (2.5).

5.1.-Análisis de varianza para estimar la estabilidad

Los parámetros de estabilidad de los genotipos fueron calculados por medio del modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), el cual se describe a continuación:

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

donde:

Y_{ij} = promedio de la variedad i - ésima en el j - ésimo año.

μ_i = promedio de la variedad i - ésima en todos los años.

β_i = coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad en todos los años.

I_j = índice ambiental, obtenido al restar el rendimiento promedio de todas las variedades en todos los años del rendimiento promedio - de todas las variedades en un año en particular.

δ_{ij} = desviación de regresión de la variedad i - ésima en el j - ésimo año.

Con el modelo anterior, se definen los parámetros de estabilidad que pueden utilizarse para describir el comportamiento de un genotipo en una serie de años.

Los parámetros de estabilidad calculados y la forma en que se estimaron fue la siguiente:

a). Coeficiente de regresión:

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

b). Desviaciones de regresión:

$$s^2_{di} = \sum_j d_{ij} / n - 2 - s^2_e / r$$

donde:

s_e^2 / r es el estimador del error conjunto (llamado así por Eberhart y Russell ,1966); es el numero de repeticiones y s_e^2 es el promedio ponderado de los errores de todos los experimentos involucrados en la estimación de los parámetros de estabilidad.

$$Y : \sum_j d^2_{ij} = [\sum_j Y^2_{ij} - \frac{(\sum Y_{ij})^2}{I_j}] - (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I^2_j$$

El análisis de varianza de este modelo se presenta en el cuadro 3.2. El comportamiento de cada variedad puede predecirse utilizando los estimadores de los parámetros y estará dado por la formula:

$$Y_{ij} = X_i + b_i I_j$$

donde:

X_i = estimador de la media varietal

B_i = coeficiente de regresión de la variedad

I_j = índice ambiental

CUADRO 3.2. ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR PARAMETROS DE ESTABILIDAD EBERHART RUSSELL (1966).

Fuentes de Variación	G.L.	S.C	C.M
Total	nv-1	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - Fc$	
Variedades (V)	v-1	$1/n \sum_i Y_{i.}^2 - Fc$	CM ₁
Años (A)	v(n-1)	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \sum_i Y_{i.}^2 / n$	CM ₂
A (lineal)	1	$1/v (\sum_j Y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
V x A (Lineal)	v-1	$\sum_i (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 - SC_A \text{ (lineal)}$	
Desviación conjunta	v(n-2)	$\sum_i \sum_j d_{ij}^2$	CM ₃
Variedad 1	n-2	$[\sum_j Y_{1j}^2 - \frac{(Y_{1.})^2}{n}] - (\sum_j Y_{1j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
⋮	⋮		
Variedad v	n-2	$[\sum_j Y_{vj}^2 - \frac{(Y_{v.})^2}{n}] - (\sum_j Y_{vj} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
Error conjunto	n(r-1)(v-1)	$\sum CM$ error de cada experimento/rn	CM ₄

IV.-Resultados y Discusión

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el presente trabajo y para una mejor comprensión de los mismos, en primer término se discuten los obtenidos en las pruebas realizadas en cada uno de los años de evaluación.

Los cuadrados medios de tratamientos, error y media de rendimiento obtenidos del análisis de varianza, para la variable rendimiento por hectárea en los 8 genotipos de frijol evaluados en cada uno de los cinco años, así como el coeficiente de variación y valor de DMS (Diferencia mínima significativa) se presentan en el cuadro 4.1.

Como podemos apreciar, se detectaron diferencias altamente significativas entre genotipos en los años 96, 97 y 2000 y no significativas para 98 y 99.

Los coeficientes de variación obtenidos, fluctuaron entre 17.41% en 1996 a 47.76 % en 99. En general, a excepción hecha de este último año, los podemos considerar como aceptables debido a las condiciones del sitio experimental; cabe señalar que el valor obtenido en 1999 fue debido

principalmente a que se barbechó previo a la siembra, por lo que, afloraron las sales en la superficie, trayendo como consecuencia el haber afectado severamente el comportamiento de los genotipos.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios de tratamientos, error, media de rendimiento, coeficientes de variación, significancias y valor de DMS.

		Cuadrados Medios				
		Años				
F.V	G.L	1996	1997	1998	1999	2000
Tratamientos	7	790982.9 **	1410578.3 **	235522.3 NS	186376.6 NS	754494.9 **
Error	35	169247.5	100158.9	121498.5	115519.5	153579.2
Media		2362.4	1271.0	1843.4	711.5770	1414.8
C.V. (%)		17.41	24.90	18.91	47.76	27.70
DMS (0.05)		482.6	371.3	408.9	398.7	459.7

** altamente significativo a 0.01%

NS.- No significativo

Por lo que respecta a medias del rendimiento obtenidas a través de los cinco años de evaluación, podemos observar que 1996 fue el mejor año, con una media de 2362.4 kg ha⁻¹, lo que podemos concluir que en ese año las condiciones ambientales que se presentaron, fueron las propicias para que

expresaran mejor su potencial genético los materiales evaluados. El peor año fue el 99, con una media de 711.6 kg ha⁻¹, este valor tan bajo se debió entre otras cosas, a lo anteriormente señalado (presencia de sales) afectando severamente el desarrollo de las plantas.

Cuadro 4.2. Medias de rendimiento y pruebas de DMS en los cinco años.

Genotipos	Años (ambientes)				
	1996	1997	1998	1999	2000
112-93-36	2629.5 AB	1423.7 BC	2100.0 A	869.9 A	1688.6 A
91-93-21-1	2288.3 BC	1900.0 A	1610.41 B	846.1 AB	1753.5 A
91-93-8	2787.5 A	1103.7 CD	1962.9 AB	681.8 ABC	1098.7 BC
119-93-45	2875.0 A	841.6 DE	2133.7 A	811.4 ABC	1536.2 AB
114-93-41	2175.0 BC	1533.7A B	1752.9 AB	450.9 BC	1463.1 AB
91-93-21-2	1850.0 C	1844.5 A	1732.5 AB	846.8 AB	1824.2 A
Navidad 1165	2224.1 BC	978.3 D	1792.9 AB	748.9A BC	1081.8 BC
B.Zacatecas	2069.5 C	542.5 E	1661.6 B	436.3 C	871.6 C

Las pruebas de comparación de medias (cuadro 4.2) a través de la diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05 nos indican las fluctuaciones que hubo a través de los 5 años, el máximo rendimiento lo obtuvo el genotipo 119-93-45 con 2875 kg ha⁻¹, mientras que el testigo Bayo Zacatecas presento el mínimo con 2069.5 kg ha⁻¹ en 1996. En el 97 el mejor fue el 91-93-21-1 con 1900 kg ha⁻¹ y el menor el Bayo Zacatecas con 542.5 kg ha⁻¹.

En el 98 el comportamiento fue de 2133.7 kg ha⁻¹ correspondiéndole al genotipo 119-93-45 y el menor fue para el Bayo Zacatecas con 1661.6kg/ha; para el año 99 los rendimientos fluctuaron de 869.9 a 463.3 kg ha⁻¹ siendo obtenidos por los genotipos 112-93-36 y Bayo Zacatecas respectivamente; y para el 2000 la línea 91-93-21-2 fue la mejor con 1824.2 kg ha⁻¹ y el Bayo Zacatecas el menor con 871.6 kg ha⁻¹.

Como se puede apreciar el comportamiento de los genotipos fue diferencial a través de años de prueba, así tenemos que estadísticamente el 112-93-36, 119-93-45 y 91-93-21-2 fueron los mejores en 4 de cinco años; 91-93-21-1 y 91-93-8 en tres, 114-93-41 y Navidad 1165 en dos, Bayo Zacatecas nunca se manifestó como el mejor.

Rocha (1984) investigando la interacción genotipo – ambiente sobre la asociación de caracteres de frijol, concluye que los materiales se comportaron diferente en los ambientes, siendo las variedades tipo bayo las que presentaron un alto grado de interacción, indicó que estas son mas sensibles a efectos de fotoperiodismo y temperaturas, lo cual indica que el medio ambiente por simple que sea, suele modificar en diferentes niveles la expresión genética de cualquier material en estudio.

Una característica deseable en cualquier variedad próxima a ser liberada es que tenga una estabilidad adecuada en su comportamiento a través de años;

por lo anterior y considerando que algunos genotipos aquí estudiados se encuentran en esta fase, se procedió a estimar los parámetros de estabilidad a través del modelo estadístico propuesto por Eberhart y Russell (1966).

Estabilidad

Las medias de rendimiento por hectárea obtenidas en los cinco años, así como el valor de los índices ambientales, se muestran en el cuadro 4.3.

Dos de los años de prueba obtuvieron valores positivos en sus índices ambientales 96 y 98, siendo el primero de ellos el mas alto con 846.7; lo anterior nos indica que en esos años las condiciones de agua, suelo, temperatura, humedad, radiación solar, entre otras que prevalecieron en la localidad permitieron el mejor desarrollo de los genotipos reflejándose esto en sus medias de rendimiento mas altas.

Por otra parte en los años 97, 99 y 2000 los valores de índices ambientales resultaron negativos siendo el del año 99 el peor con -810.3 , esto nos indica lo contrario a lo señalado anteriormente; es decir, que las condiciones ambientales anteriormente mencionadas que se presentaron en esos años no permitieron la expresión del potencial genético de los materiales evaluados. Cabe recordar que en el 99, debido a la presencia de sales en el suelo, los rendimientos se vieron afectados fuertemente.

Cuadro 4.3 Media de rendimiento por hectárea en cinco años e índices ambientales de los 8 genotipos de frijol.

Genotipo	1996	1997	1998	1999	2000	Media
1	2629.5	1423.7	2100.0	869.9	1688.6	1742.34
2	2288.3	1900.0	1610.41	846.1	1753.5	1679.66
3	2787.3	1103.7	1962.9	681.8	1098.7	1526.92
4	2875.0	841.6	2133.7	811.4	1536.2	1639.58
5	2175.0	1533.7	1752.9	450.9	1463.1	1475.12
6	1850.0	1844.5	1732.5	846.8	1824.2	1619.6
7	2224.1	978.3	1792.9	748.9	1081.8	1365.2
8	2069.5	542.5	1661.6	436.3	871.6	1116.3
Media de genotipos	2362.38	1271.041	1843.38	711.57	1414.75	1520.590
Índice ambiental	846.7135	-250.8278	321.5185	-810.2928	-107.115	

En el cuadro 4.4 se presenta el análisis de varianza para parámetros de estabilidad, en donde muestra diferencia significativa para variedades, esto es indicativo de que los genotipos tienen un comportamiento diferencial en su potencial de rendimiento; para la fuente variedad * ambiente(lineal) no se encontró significancia, lo cual quiere decir que las regresiones no difieren estadísticamente, es decir la respuesta en rendimiento de los genotipos fue

igual en cada uno de los años de prueba. Los valores del cuadrado medio de cada una de las variedades , viene a ser la aportación al valor de la desviación conjunta, es decir, refleja la interacción de los genotipos a través de años, indicando que el genotipo 112-93-36 es el que tuvo la menor aportación con 2264.35, lo anterior es indicativo de que este material fue el que interactuó menos a través de los años de evaluación, interpretándose lo anterior como la estabilidad en su comportamiento; por el contrario el material 91-93-21-2 con valor de 121347.03 fue el que aportó la mayor cantidad al valor de la desviación conjunta y por lo tanto su interacción a través de años fue mayor.

Los valores de rendimiento promedio, coeficiente de regresión y desviación de regresión se muestran en el cuadro 4.5, en el observamos que la mejor media la obtuvo el genotipo 112-93-36 con $1742.34 \text{ kg ha}^{-1}$; por el contrario el material de menor media de rendimiento fue el testigo Bayo Zacatecas con $1116.34 \text{ kg ha}^{-1}$.

Los materiales que fueron altamente significativos para el valor de $b_i=1$, son 112-93-36, 114-93-41 y Navidad 1165, esto quiere decir que tuvieron buena estabilidad en su comportamiento en los diferentes años de prueba bajo las condiciones de la localidad anteriormente mencionadas; por el contrario los materiales 91-93-21-1 y 119-93-45 con valor de $b_i = 0.71$ y 0.50 respectivamente, estadísticamente no fueron significativos considerándose como inestables.

Cuadro 4.4. Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de 8 genotipos de frijol evaluados en 5 años para la variable rendimiento por hectárea.

Fuente de variación	G.L	C.M
Total	39	418837.7072
Variedades (V)	7	205236.74 *
Ambientes (A)	32	465562.9194
A(Lineal)	1	12410077.37
V*A(Lineal)	7	125591.67 NS
Desviación conjunta	24	67033.10
Genotipo		
112-93-36	3	2264.35
91-93-21-1	3	112149.60
114-93-41	3	53886.05
91-93-8	3	98468.93
91-93-21-2	3	53788.26
119-93-45	3	121347.03
Navidad 1165	3	32114.81
Bayo Zacatecas	3	62245.75
Error conjunto	175	131998.74

Significativo a .05%

NS.- No significativo

Cuadro 4.5 Rendimiento promedio, coeficiente de variación y desviación de regresión de los 8 genotipos de frijol.

Genotipo	Rendimiento promedio	bi	S ² di
112-93-36	1742.34	1.07**	-129734.39
91-93-21-1	1679.66	0.71NS	-19849.14
91-93-8	1639.58	1.35 *	-33529.81
119-93-45	1619.6	0.50 NS	-10651.71
114-93-41	1526.92	1.32**	-78112.69
91-93-21-2	1485.07	0.969*	-78210.48
Navidad 1165	1365.24	0.964**	-99883.93
Bayo Zacatecas	1116.34	1.10*	-69752.99

* Significativo

** Altamente significativo

NS No significativo

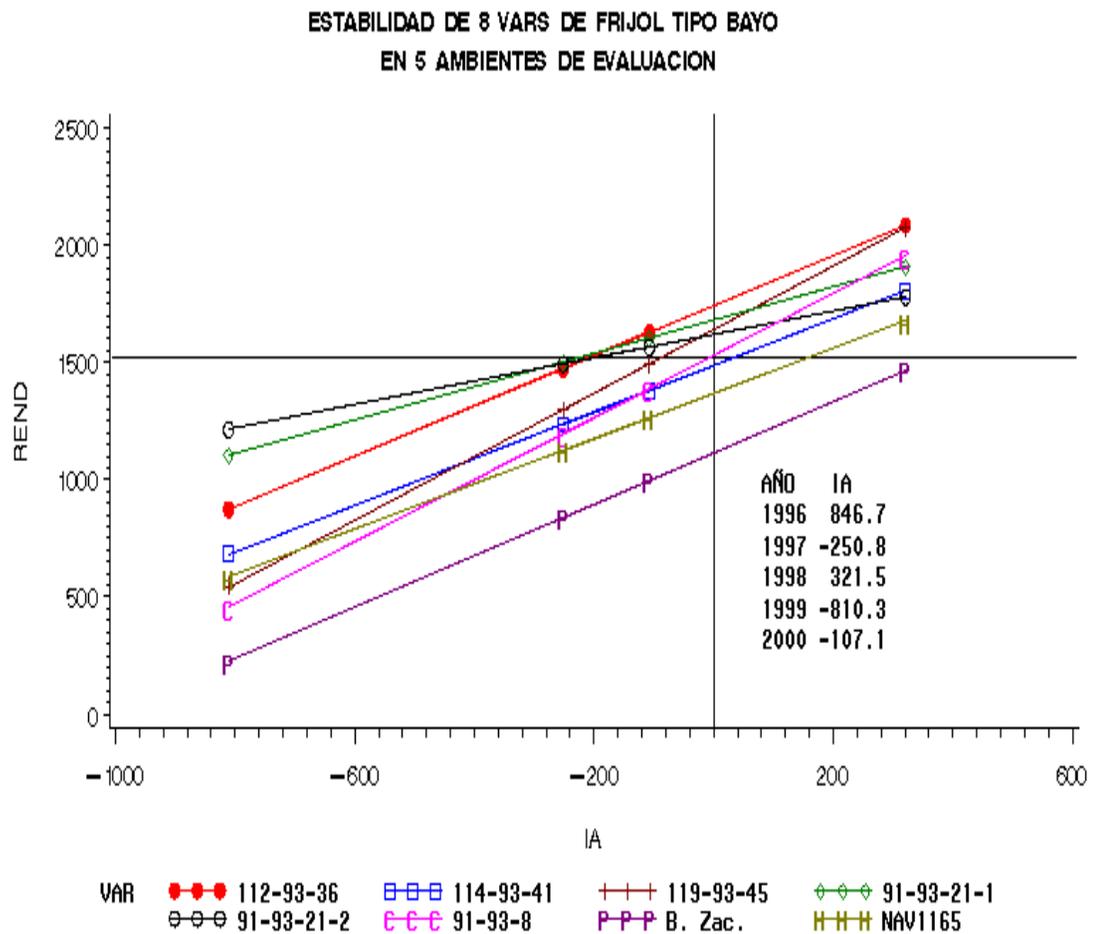
Por lo que respecta a la desviación de regresión, todos los genotipos obtuvieron valores negativos, esto fue debido a las condiciones desfavorables que se presentaron en la localidad a través de años y a la gran fluctuación que presentaron los rendimientos de los 8 materiales evaluados. Si comparamos los

valores del cuadrado medio de la desviación conjunta con la desviación de regresión de los genotipos, podemos apreciar que existe una relación inversa entre ambos; como la línea 112-93-36 que obtuvo el menor valor de cuadrado medio con 2264.35 fue la que presentó el valor de desviación de regresión mayor negativo -129734.39 ; por el contrario la línea 119-93-45 presentó valores de 121347.03 y (-10651.71) respectivamente, lo anterior indica que entre menor sea la interacción genético – ambiental, el valor de desviación tiende a ser mayor.

Con los resultados del cuadro anterior observamos que los genotipos 112-93-36 , 114-93-41 y Navidad 1165 obtuvieron valores deseables de coeficiente de regresión y desviación de regresión, pero considerando el rendimiento promedio obtenido en los años de evaluación, el mejor genotipo es el 112-93-36.

La figura 1 nos muestra la línea de regresión ajustada de cada uno de los 8 genotipos evaluados, de acuerdo al modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) sobre los valores de índice ambiental, observando al 91-93-21-2 y el 91-93-21-1 y 112-93-36 tuvieron mejor respuesta bajo condiciones de años desfavorables; mientras que 112-93-36 y 119-93-45 respondieron mejor cuando son favorables; por otra parte el testigo Bayo Zacatecas no obtuvo buena respuesta en ninguno de los años de prueba.

Figura 1. Comportamiento de los 8 genotipos en base al rendimiento promedio sobre el valor de índice ambiental evaluados durante cinco años en la localidad de Navidad, N.L.



Nieto (1987) en su trabajo de parámetros de estabilidad, parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas en girasol (*Helianthus annuus L.*), menciona que se debe recomendar los materiales mas adecuados para un

deficiente o buen manejo, así como materiales que posean la capacidad de presentar buen comportamiento promedio al cultivárseles en amplia gama de ambientes; reporto a los genotipos Sereno (CM3), I.S. 7116, Rib -77 C1 e I.S. 897 de mejor comportamiento en ambientes favorables; los materiales Mestizo (V1), ICM (Vamex-1) e I.S.-7101 como los mas estables a través de la gama de ambientes.

Márquez (1974) usando el concepto de estabilidad enunciado por Eberhart y Russell (1966), señala que un valor de $B_i = 1$ o cercano a este, indicara ausencia de interacción variedad * ambiente, por tanto se encontró que en este concepto quedan los genotipos 112-93-36, 114-93-41, Navidad 1165. lo cual es favorable en todo programa de investigación.

Debido a las condiciones ambientales desfavorables que presento la localidad para el estudio del presente, se puede predecir que para obtener mayores rendimientos de los genotipos se pueden evaluar en otra región agroecológica de mejores condiciones para el cultivo.

Méndez (1986) en su trabajo de estimación de parámetros de estabilidad en trigo harinero bajo condiciones de temporal, le fue posible identificar cuatro genotipos sobresalientes: ICTA SARA 82, Chat "s", Azteca 67- y Kal que mantuvieron altos rendimientos a través de los diversos ambientes. Los cuatro materiales demostraron ser estables, sus coeficientes de regresión fueron iguales a la unidad y sus desviaciones de regresión iguales a cero.

Hernandez (1990) estudio la adaptación y estabilidad en 15 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en Calera, Zacatecas y Francisco I. Madero, Durango, encontró que las variedades mas estables para la variable rendimiento / ha, fueron Mulato, Ciateño, FE-30-RB, Chiapas-6 y Delicias 71, indico que los genotipos Bayo Madero y S-19-RB fueron los mas sensitivos, y que la variedad Bayo Río grande por su amplia adaptación y mas altos rendimientos en condiciones desfavorables puede ser utilizado como progenitor en programas de mejoramiento.

En general se encontró que los genotipos utilizados como testigos fueron superados por las líneas formadas por el programa de frijol de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cumpliendo con los objetivos de identificar y recomendar a las líneas de mejor estabilidad y rendimiento para su registro como nuevas variedades comerciales.

Cabe señalar que de los resultados obtenidos en los análisis, se determino que los genotipos que para fines de este trabajo no fueron seleccionados, tienen características genéticas que les pueden permitir ser utilizados en otro trabajo de investigación o programa de mejoramiento.

Conclusiones

- 1.- Las condiciones ambientales que se presentan en Navidad, N.L. a través de años varían considerablemente reflejándose esto en el comportamiento de los genotipos.
- 2.- Los genotipos evaluados difirieron entre si, tanto en su potencial de rendimiento como en su respuesta a las variaciones ambientales que se presentaron a través de años en la localidad de Navidad, N.L.
- 3.- De los ocho genotipos probados, la línea experimental 112-93-36 fue de mejor comportamiento, por su alto rendimiento; en base a esto se recomienda realizar las pruebas necesarias para su registro como nueva variedad.
- 4.- Por otra parte las líneas 91-93-8 y 91-93-21-2 y la variedad Navidad 1165 no fueron seleccionadas para fines de este trabajo, pero tienen características genéticas que les puede permitir ser utilizadas en otros programas de mejoramiento.

Bibliografía Citada

Allard, R.W. 1961. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environment Crop Sci. 1: 127 –133.

Allard, R. W. and Bradshaw, A.D. 1964. Implications of genotype – environment interactions in applied plant breeding. Crop Sci. 4: 503 – 507.

Bilbro, J.D. and Ray, L.L. 1976. Environmental stability and adaptation of several cotton cultivars. Crop Sci. 16: 821 – 824.

Billings, W.D. 1968. Las plantas y el ecosistema, serie fundamentos de botánica. Herrero Hnos., Sucesores, S.A. México. Pp.7-47.

Bradshaw, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plant. Advances in genetics. 12:115-155.

Carballo, C.A. 1970. Comparación de variedades de maíz del bajo y Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Tesis. Maestría en ciencias. Colegio de postgraduados. ENA. Chapingo, México.

Córdova , H.S. 1975. Efecto del Número de Líneas Endogámicas sobre el Rendimiento y la Estabilidad de las Líneas Sintéticas derivadas del Maíz (*Zea mays L.*). Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 117p.

Cubero, J. I.1999. Introducción a la mejora genética vegetal. Ediciones mundi –prensa. P 47 – 48, 305 – 306. España.

Dávila, F.A. 1978. Utilización de los Parámetros de Estabilidad para Evaluar el Comportamiento de Variedades Criollas de Maíz (*Zea mays L.*) en el Departamento de Chimaltenango. Tesis. Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 49p.

Eagles, H.A., P.N. Hinz, and K.J. Frey. 1977. Selection of superior cultivars of oats by using regression coefficients. *Crop Sci.* 17:101 –105.

Easton, H. S. and Clemets, R. S. 1973. The interaction of wheat genotypes with a specific factor of the environment. *J. Agric. Sci.* 80: 43 – 52. United States of America.

Eberhart, S. A. and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36 –40.

_____.1969. Yield and stability for a 10 line diallel of single-cross and double cross maize hybrids. *Crop Sci.* 9:357-360. United States of America.

Fakunla, F. and K.J. Frey. 1974. Stability indexes of radiated and nonradiated oat genotypes propagated in bulk populations. *Crop Sci.* 14:719-724. United States of America.

Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian J. Agr. Res.* 14: 742 – 754.

Freeman, G. H. and Perkins. 1971. Environmental and genotype – environmental components of variability. VIII. Relation between genotypes grown in different environments and measure of these environments. *Heredity.* 27: 15 – 23. Edinburg. Great Britain.

Frey, K.J. 1972. Stability indexes for isolines of oats (*Avena sativa* L). Crop Sci. 12:809-812. United States of America.

Hardwick, R.C. y Wood, J.T. 1972. Regression methods for studying genotype – environment interactions – heredity. 28: 209 – 222.

Hernández, O. J.L. 1990. Adaptación y estabilidad de 15 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L), en Calera Zacatecas y Francisco I. Madero, Durango. Pag. 119. Tesis Maestría. U.A.A.A.N.

Jowett, D. 1972. Yield stability parameters for sorghum in East Africa. Crop Sci.(EE.W.) 12:314 – 317.

Langer, I.; Frey, K.J. and Bailey, T. 1979. Association among productivity, production response, and stability indexes in oat varieties. Euphytica 28: 17 – 24.

Lin, C. S., M.R. Binns and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand?. Crop. Sci. 26: 894 – 899. United States of America.

Lozano del R., A.J. 1980. Efectividad de los parámetros de estabilidad en la evaluación y selección de germoplasma de triticale. Tesis M.C. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. México.

Marquez, S. F. 1973. Relationship between genotype – environmental interaction and stability parameters. Crop Sci. 13: 577 - 579.

Marquez, S. F. 1974. El problema de la interacción genético – ambiental en genotecnia vegetal. Primera edición. Patena. A.C. Chapingo, México.

Méndez, E. W. 1986. Estimación de Parámetros de Estabilidad en Trigo Harinero Bajo Condiciones de Temporal. Tesis. Maestría. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. México. 57p.

Mier, R. 1984. Estabilidad en Rendimiento de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Zona Templada Húmeda de México. Agricultura Técnica de México. 10 (2):133-151. México.

Nieto M. F. 1987. Parámetros de estabilidad, parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas en girasol (*Helianthus annuus* L.). Pag. 69-70. Tesis maestría. U.A.A.A.N

Navarro, G. E. 1982. Interacción genotipo medio ambiente y sus efectos en los parámetros de estabilidad en líneas restauradoras ® de sorgo. Tesis maestría. U.A.A.A.N. Saltillo. México.

Pacuci. G. and K. J. Frey. 1972. Stability of grain yield in selected mutant oat lines (*Avena sativa* L). Rad. Bot. 12:385-397. United States of América.

Pinthus, M. J. 1973. Estimate of genotype value: a proposed method. Euphytica (Netherlands) 22: 121 – 123.

Plaisted, R. L. and Peterson, L.C. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. Amer. Potato J.6: 381 – 385.

Perkins, J.M. and J.L. Jinks. 1968. Environmental and genotype environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. Heredity. 23:339-561.

Ram, J., O. P. Jain and B.R. Murty. 1970. Stability of performance of some varieties and hybrids derivatives in rice under high yielding varieties programme. Indian Jour. Of genetics and plant breeding. 30: 187 – 198.

Shukla, G.K. 1972. Some statical aspects of partitioning genotype – environmental components of variability. Heredity 29: 237 – 245.

Tai, G.C.C.1971. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. Crop Sci. 11: 184- 194.

Wricke, G.1962. Über eine methode für erfassung der ökologischen streubreite in frieldrersuchen. Z. Pflanzenzuch. 47: 92 – 96.

Yates, F. And Cochran, W.G. 1938. The analysis of groups of experiment. J. Agric. Sci. 28: 556- 580. United States of America.

Zamora, V.Victor.M. 1990. Comparación de diferentes estadísticos de estabilidad de rendimiento en triticales (X.Triticosecale Wittmack). Tesis. Maestría. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. México.

