



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

ESTUDIO DE LA INTERACCION GENOTIPO-MEDIO AMBIENTE Y
PARAMETROS DE ESTABILIDAD EN FRIJOL EN EL
TROPICO HUMEDO DE MEXICO.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO

Orientación Fitotecnia

P r e s e n t a :

Francisco Javier Ibarra Pérez

Guadalajara, Jal.

Marzo de 1981

Esta tesis fué realizada bajo la Dirección y Asesoría del consejo particular designado, habiendo sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGRONOMO

GUADALAJARA, JAL. MARZO DE 1981.

CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR: ING. SALVADOR MENA MUNGUIA

ASESOR: ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

ASESOR: ING. ANTONIO JUAREZ MARTINEZ

Las Agujas, Mpio. de Zapopan. Jal. 20 de Feb. 1981

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

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____

FCO. JAVIER IBARRA PEREZ Titulada:

" ESTUDIO DE LA INTERACCION GENOTIPO MEDIO-AMBIENTE Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD EN FRIJOL EN EL TROPICO HUMEDO DE MEXICO. "

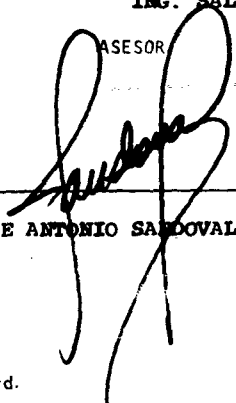
Damos nuestra aprobación para la Impresión de la misma

DIRECTOR



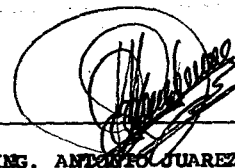
ING. SALVADOR MENA MUNGUIA

ASESOR



ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

ASESOR



ING. ANTONIO POLJUAREZ MARTINEZ

srd.

DEDICATORIA

A MI MADRE

Concepción Pérez Sánchez
como mínima respuesta a sus
constantes desvelos, esfuerz
o y abnegación.

Con cariño, respeto y admiración para:

Mi abuelita María Guadalupe

Mi tía María y

Mi tío Miguel y esposa

A MIS HERMANOS

Por su comprensión y ayuda.

Cony

Santiago e Irma

Fernando y Beatriz

y

Celso.

A la memoria de mi hermano

Hector Manuel

A Itzel, con amor y respeto.

A mis sobrinos, primos y demás familiares.

A mis compañeros y amigos.

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

A la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, por la oportunidad concedida para realizar mi formación profesional.

A todos mis maestros por su interés en mi superación académica para hacer de mi un universitario honesto.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, por las facilidades otorgadas para llevar a cabo este trabajo.

Al Dr. Rogelio Lepíz Ildefonso por su cuidadosa revisión al manuscrito y sus valiosas sugerencias.

Al Dr. Kazuhiro Yoshii Okuda, por su disponibilidad y asesoría en el presente trabajo.

Al Grupo Interdisciplinario de frijol del Campo Agrícola Experimental Cotaxtla, en especial al Ing. Ernesto López Salinas, por su apoyo para la realización y asesoría de la investigación.

A todas aquellas personas; que en una forma u otra colaboraron en la realización del presente trabajo.

A la Srta. Natividad Arroyo Jiménez, por su paciencia y dedicación en el trabajo mecanográfico.

C O N T E N I D O

	PAGINA
1 INTRODUCCION	1
2 REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Conceptos de estabilidad y su reconocimiento.	4
2.2 Importancia de la interacción genotipo medio-ambiente.	6
2.3 Medidas de la interacción genotipo medio-ambiente.	7
2.4 Estudios de parámetros de estabilidad en diferentes cultivos.	12
3 MATERIALES Y METODOS	19
3.1 Ubicación de los ambientes de prueba.	19
3.2 Material genético.	19
3.3 Diseños estadísticos.	23
3.3.1. Diseño experimental	23
3.3.2. Unidad experimental	23
3.3.3. Análisis estadísticos	25
3.3.4. Análisis estadísticos para estimar los parámetros de estabilidad.	27
3.3.5. Pruebas de significancia .	30
3.3.6. Interpretación de los parámetros de estabilidad.	31

	PAGINA
4 RESULTADOS	34
4.1 Análisis de varianza.	34
4.1.1. Análisis de varianza conjunto	34
4.1.2. Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad.	34
4.2 Interpretación de los parámetros estimados pa- ra evaluar la estabilidad.	38
5 DISCUSION	43
5.1 Clasificación de las variedades con respecto a su coeficiente de regresión (b_i)	43
5.2 Clasificación de las variedades con respecto a su desviación de regresión (S_{di}^2).	43
5.3 Identificación de " Variedades deseables "	44
5.4 Identificación de variedades inconsistentes.	46
6 CONCLUSIONES	48
7 RESUMEN	49
8 BIBLIOGRAFIA	52
9 APENDICE	56

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PAGINA
1	Localización geográfica, temperatura y precipitación de 12 localidades de prueba.	20
2	Identificación y características de los ambientes de prueba.	21
3	Principales características agronómicas de las variedades de frijol utilizadas en el estudio de parámetros de estabilidad.	24
4	Análisis de varianza conjunto y cuadrados medios esperados.	26
5	Análisis de varianza de n variedades probadas en n ambientes.	32
6	Interpretación de los parámetros de estabilidad según Carballo y Márquez (1970).	33
7	Análisis de varianza conjunto para 20 variedades de frijol evaluadas en 22 ambientes del trópico húmedo de México.	35
8	Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de 20 variedades de frijol evaluadas en 22 ambientes del trópico húmedo de México.	36
9	Rendimiento promedio y parámetros de estabilidad estimados para 20 variedades de frijol evaluados en 22 ambientes del trópico húmedo de México.	39

FIGURA

PAGINA

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Localización geográfica de 12 localidades de prueba para evaluar 20 variedades de frijol en el trópico húmedo de México. | 32 |
| 2 | Respuesta de 12 variedades de frijol en ambientes favorables y desfavorables similares en consistencia ($S_{di}^2 = 0$). | 41 |
| 3 | Respuesta de ocho variedades de frijol en <u>am</u> bientes favorables y desfavorables similares en consistencia ($S_{di}^2 > 0$). | 42 |

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

En México, después del maíz el frijol ocupa el segundo lugar en importancia, tanto por la superficie que se siembra, como por el volumen de grano que se consume por persona (19.5 - Kg/año). En el año 1978, la superficie cosechada de frijol - fué de 1'580,222 ha, con un rendimiento medio de 595 Kg/ha y una producción de 934,614 ton. *

Para el estudio del frijol en México se ha propuesto dividir el país en varias zonas ecológicas potenciales para este cultivo; de esta forma, el sureste de México está enclavado en la zona trópica húmeda, donde se siembran 127,591 ha aproximadamente, correspondiendo 73,591 ha al ciclo primavera-verano y 54,000 ha, al ciclo otoño-invierno; este hectareaje representa el 8% de la superficie total nacional. *

El sureste de México está constituido por los Estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas y parte de Oaxaca, en donde el rendimiento promedio del frijol para grano es de 580 Kg/ha; hay razones muy variadas por las que el rendimiento del frijol es bajo; una de ellas es la utilización de variedades criollas, algunas de las cuales son de bajo potencial de rendimiento, susceptibles a enfermedades y de adaptación limitada. Es importante entonces, contar con variedades mejoradas con alto potencial de rendimiento, que se adapten en forma general a las diversas condiciones del trópico húmedo.

* Programa Nacional de frijol, INIA

Tomando en cuenta lo antes mencionado, el programa de mejoramiento genético del Campo Agrícola Experimental Cotaxtla del INIA, * genera material genético para ser evaluado en diferentes localidades del trópico, con el propósito de detectar variedades con las características antes señaladas.

En 1978 se inició para el estado de Veracruz una prueba regional de un grupo de líneas y variedades de frijol que estaban en la fase final de mejoramiento genético, para recabar información sobre sus respuestas genotípicas en diferentes condiciones del medio ambiente. Más tarde, en 1979 se ampliaron las pruebas hacia el sureste de México, mediante el establecimiento de ensayos uniformes en regiones frijoleras de interés.

La presente investigación se avoca al estudio del rendimiento de líneas y variedades de frijol para grano en función de su estabilidad a través de localidades, ciclos de siembra y años de prueba, para determinar la variación que manifiesta un genotipo en diferentes medios ambientes. La información anterior nos permitirá llegar a los siguientes objetivos.

- 1.- Estimar los parámetros que permitan evaluar la estabilidad del rendimiento de grano del material genético estudiado.
- 2.- Comprobar la adaptación del material genético en los diferentes ambientes de prueba.

* INIA Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

3.- Seleccionar genotipos estables para utilizarlos como variedades o progenitores en el programa de mejoramiento genético para el tropico húmedo de México.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Conceptos de estabilidad y su reconocimiento.

Se ha observado que la respuesta de una variedad se altera al evaluarse en diferentes medios ambientes; esta alteración - en el comportamiento de la variedad es debido a la presencia de una interacción entre el genotipo y el medio ambiente.

Johansen (1909) citado por Gómez (1977) abrió el camino para comprender los procesos por los cuales el genotipo y el ambiente regulan conjuntamente el desarrollo de un individuo, ya que la expresión de un carácter es fuertemente influenciado por el ambiente.

La capacidad que tienen los genotipos de interaccionar más o menos con el medio ambiente se ha tratado de explicar utilizando varios términos: Lerner (1954) utiliza el término " homeostasis genética " para designar la propiedad de una población capaz de equilibrar su actividad genética y resistir cambios repentinos en el ambiente.

Allard y Bradshaw (1964), reconocen que al considerar - separadamente el comportamiento del genotipo y la variación ambiental, se logra una mejor comprensión de las causas del fenómeno; de ésta forma dividen las variaciones del ambiente en predecibles e impredecibles.

a) Variación predecible.- Son predecibles todas aquellas características permanentes del medio ambiente como: clima,

tipo de suelo, duración del día; también se incluyen los factores fijados por el fitomejorador como fecha de siembra, densidad de población, etc.

b) Variación impredecible.- Son todas las fluctuaciones función del tiempo como: distribución y cantidad de lluvia, - cambios en la temperatura e infestaciones de insectos y enfermedades.

Este mismo autor comenta que tomando en cuenta el comportamiento de los genotipos, éstos pueden o no cambiar su comportamiento al exponerse a cambios ambientales, de tal manera que denominan " amortiguamiento " ó flexibilidad " de una variedad, a la capacidad del genotipo para ajustar su proceso de vida para mantener siempre un alto nivel de productividad en respuesta a condiciones transitorias del medio ambiente. - Consideran dos tipos de amortiguamiento:

a) Amortiguamiento individual.- Cuando cada individuo de una población está bien adaptado a un amplio rango de ambientes.

b) Amortiguamiento poblacional.- Una variedad puede estar formada por diferentes genotipos, cada uno de ellos adaptado a un pequeño rango de diferentes ambientes.

Bradshaw (1965) citado por Betanzos (1970) define como " plasticidad ", la característica de un individuo que es capaz de alterar su expresión por influencias ambientales; este término se aplica a toda variabilidad intragenotípica. Por otra --

parte, considera que el concepto " estabilidad " indica cualquier condición donde no hay plasticidad y la misma consideración aplica al concepto " Homeostasis " . El termino " estabilidad " aplicado por este autor, equivale a una variedad " buena amortiguadora " .

2.2 Importancia de la interacción genotipo medio ambiente.

Johansen (1909) citado por Gómez (1975) expresa los conceptos de fenotipo (apariencia y forma) y genotipo (constitución interna y genética), reconociendo además, la importancia del ambiente en los procesos de desarrollo y considerando que los genes por sí solos no son responsables de las dotaciones personales de un individuo, ya que el ambiente también interviene en la determinación de la " Situación de la vida " .

Camacho (1968) menciona que cuando la contribución ambiental representa una proporción considerable del valor genotípico, el efecto de la selección se reduce y el progreso del mejoramiento resulta lento; bajo esta circunstancia individuos que exhiben características promisorias en determinado ambiente pueden resultar inadecuados en un ambiente diferente.

Carballo (1970) menciona que la interacción genotipo - medio ambiente es una fuente de variación que se ha investigado con el objeto de idear metodologías de prueba, análisis y selección, que permitan identificar poblaciones que al interactuar menos con el medio ambiente tengan mayor amplitud en áreas geográficas en las cuales la adaptabilidad de ciertas variedades sea mejor.

Moll y Stube (1974) citados por Martín del Campo (1979) mencionan que si se desean variedades que se comporten bien sobre un amplio rango de ambientes, entonces el programa se verá favorecido tan sólo con pequeñas interacciones; si por el contrario, se desean variedades bien adaptadas a medios ambientes muy específicos, habrá que tener interacciones grandes.

Para alcanzar un conocimiento profundo de la respuesta de las plantas a los diferentes niveles de cada uno de los factores del medio ambiente y lo que aún es más importante, la respuesta de las plantas a la acción conjunta de varios factores ecológicos, es importante conocer el mecanismo de respuesta de los genotipos en condiciones variables del ambiente y sus interacciones (Betanzos 1970).

Juárez (1977) indica que la manifestación de los efectos genotípicos de las plantas, dependen en gran parte del medio ambiente que les rodea; la presencia de interacciones entre éstos dos factores generalmente dificultan el logro y la medida de los avances genéticos en la selección y prueba de materiales sobre una extensa variedad ecológica.

2.3 Medidas de la interacción genotipo-medio ambiente.

Algunos investigadores se han valido únicamente del rendimiento promedio de las variedades para seleccionarlas y recomendarlas para su cultivo en forma extensiva, sin tener conocimiento de su respuesta en diferentes condiciones ambientales y de

las técnicas más adecuadas para identificar y clasificar a las variedades de acuerdo a su rendimiento en ambientes específicos. Es así como varios investigadores han desarrollado técnicas y modelos estadísticos para evaluar la interacción genotipo-medio ambiente, interpretando el factor estabilidad en base a parámetros.

En ciertos casos, otros investigadores han utilizado otros parámetros para estimar la estabilidad, al respecto, Finlay y Wilkinson (1963) utilizaron el análisis de regresión para estudiar la adaptabilidad de 800 variedades de avena, usando los siguientes parámetros:

a) El coeficiente de regresión lineal del rendimiento individual sobre el rendimiento de todas las variedades para cada localidad.

b) El rendimiento promedio de las variedades, bajo las siguientes consideraciones:

Si $b=1$, se tiene estabilidad media; $b > 1$, la variedad es sensible a los cambios ambientales; Si $b < 1$, mayor resistencia a los cambios ambientales. La estabilidad fenotípica absoluta debería ser expresada por un coeficiente de cero, aunque su definición implica que una variedad estable se comporta relativamente bien en ambientes pobres y relativamente pobre en ambientes favorables. Estos autores definen como variedad estable aquella que tiene rendimiento potencial máximo en los medios ambientes favorables y máxima estabilidad fenotípica ($b=1$).

Eberhart y Russel (1966) propusieron el siguiente modelo para describir el comportamiento de una variedad en una serie de medios ambientes.

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

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

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

β_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la variedad i en todos los ambientes.

I_j = Índice ambiental (promedio de rendimiento de las variedades en un ambiente particular menos la media general).

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

Los parámetros de estabilidad son:

a) El coeficiente de regresión estimado como la regresión del rendimiento individual de cada variedad sobre los distintos índices ambientales y .

b) El cuadrado medio de las desviaciones de la regresión.

El coeficiente de regresión (b_i) para un cultivar y ambiente en particular mide la respuesta de la variable dependiente (rendimiento) por unidad de cambio de la variable independiente (índice ambiental).

Las desviaciones de la regresión (S_{di}^2) miden la proporción en que la respuesta predicha está de acuerdo con la respuesta observada e incluyen a las interacciones genético-ambientales, indicando si los rendimientos del cultivar en cuestión son o no predecibles (consistentes).

Eberhart y Russell definen una variedad estable como aquella que muestra un coeficiente de regresión $b = 1.0$ y una desviación de regresión $S_{di}^2 = 0$ si ésta variedad presenta una media de rendimiento alta, se puede decir que se tiene una variedad deseable.

Bucio Alanis (1966) propone utilizar como variable dependiente el efecto ambiental (e) calculado como la desviación del valor promedio de las dos líneas en un ambiente particular de la media general (μ); como variable dependiente utiliza, el efecto genético más el efecto de la interacción genotipo ambiente. Así determina que el efecto ambiental (e) y el efecto de interacción (γ) están linealmente relacionados y por lo tanto, reconoce que el coeficiente de regresión (β) puede tener diferentes valores.

a) Cuando $\beta > 1.0$, el valor absoluto de γ es más grande que e

- b) Cuando $\beta = 1.0$ el valor absoluto de γ es igual a ϵ
- c) Si $\beta < 1.0$ el valor absoluto de γ es menos que ϵ , lo mismo sucede si β tiene un valor negativo.
- d) Si $\beta = 0.0$, se pueden presentar dos situaciones:
- 1) No hay interacción genético-ambiental y toda la variación entre ambientes puede ser adscrita únicamente al efecto ambiental.
 - 2) La interacción genético-ambiental puede ser diferente de cero, pero el efecto de dicha interacción no sería función del ambiente.

Carballo (1970) menciona que para juzgar el verdadero valor de las variedades en un programa de mejoramiento, el procedimiento que se sigue es la prueba de las mismas en ambientes diferentes. El comportamiento de las variedades estará influido por efectos genéticos, efectos no genéticos y sus interacciones; este comportamiento se ha tratado de expresar en función del término " estabilidad ".

Jowett (1972) comparó el procedimiento de Finlay y Wilkin son con el de Eberhart y Russell, encontrando que este último es preferible y más explícito que el primero. Este modelo ha sido utilizado en varios trabajos de investigación y ha probado ser eficiente en la determinación de los parámetros de estabilidad en varias especies (Carballo, 1970; Chávez, 1977; Martínez, 1977).

2.4 Estudios de parámetros de estabilidad en diferentes cultivos.

Carballo y Márquez (1970) evaluaron variedades de maíz en la región de el Bajío, norte de Guanajuato y Altiplano de Jalisco para estimar el rendimiento promedio de grano y los parámetros de estabilidad, según el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), es decir utilizando el coeficiente de regresión que mide la respuesta de una variedad en distintos medios ambientes y el cuadrado medio de las desviaciones de la regresión . Con la estimación de los parámetros de estabilidad fué efectiva la discriminación de variedades por su respuesta en diferentes ambientes , pudiendose identificar variedades deseables. Sin embargo, sugieren que debiera ser el fitomejorados quién, en función de las características de la región, decidiera que es más deseable, ya que si la variedad a recomendar para una región en donde habrá fluctuaciones en el ambiente, tanto predecibles como impredecibles, el valor de la desviación de regresión debe ser 1.0 ; si son pocos los cambios en el ambiente (favorables o desfavorables) se pueden aceptar valores de la desviación mayores o menores que 1.0 ; sin embargo, para los dos casos es preferible tener valores de cero o cercanos a cero para la S_{di}^2 .

Rowe y Andrew (1964) citados por Gómez (1977) utilizaron como nuevo parámetro para medir la estabilidad fenotípica, las desviaciones de regresión; además utilizan la variación total dentro de genotipo bajo dos tablas de análisis de varianza,

para evaluar la influencia de la heterocigocidad sobre la estabilidad fenotípica en 5 caracteres cuantitativos de maíz. De los resultados, concluyen que las diferencias en estabilidad entre grupos genéticos, están asociados con diferente habilidad para explorar ambientes favorables; los grupo heterocigotes fueron idóneos para dar un comportamiento alto en condiciones favorables y fueron desproporcionalmente reducidas - sus respuestas en ambientes desfavorables.

Scott (1967) citado por Carballo (1970), seleccionó por estabilidad diferentes líneas de maíz, cuando éstas se desarrollaban en ambientes distintos. Logró obtener resultados satisfactorios, ya que la selección practicada en base a ésta característica fué bastante efectiva, lo cual sugiere que este carácter esta bajo control genético.

Camacho (1968) para medir la estabilidad del rendimiento de dos grupos de líneas homocigotas de frijol, evaluados en diferentes semestres en Palmira, Colombia, utilizó el modelo - propuesto por Plaisted (1960). En cada uno de los análisis de varianza combinados se omitió una línea diferente y se obtuvo el estimativo del componente de interacción para el resto - de las líneas; la magnitud de este componente indica la estabilidad relativa de la línea omitida, siendo mayor ésta estabilidad cuando el componente tiene mayor valor. La estabilidad se evaluó con la regresión del rendimiento de cada genotipo sobre un índice ambiental. Este autor observó que la clasificación de variedades por estabilidad fué ligeramente di -

ferente, según la metodología utilizada; sin embargo, las dos mostraron ser eficientes para clasificar variedades por estabilidad. La identificación de sus variedades por adaptabilidad la hizo en función del coeficiente de regresión y el rendimiento medio de cada genotipo.

Betanzos (1970) aplica el modelo propuesto por Bucio Alanis (1966) y Bucio Alanis y Hill (1966) para estimar los efectos genético (g_i), ambiental (E_j) y genético-ambiental ($B \gamma \epsilon E_j$) para 6 variedades de maíz evaluadas en nueve ambientes. Con las estimaciones de los efectos este autor construyó dos tipos de gráficas, una que pone de relieve la magnitud y signo de cada uno de los efectos estimados, $Y_{ij} = g_i + B \gamma \epsilon E_j$, y la otra donde utiliza las ecuaciones de los valores fenotípicos reales. Este último resultó ser más conveniente desde el punto de vista práctico. Además con la estimación de los efectos mencionados se pueden predecir los valores del efecto genético-ambiental de una variedad, siempre que el ambiente para el que se desea la predicción esté comprendido dentro del rango de variación ambiental explorado previamente con dicha variedad.

Joppa, Lesbsock y Bush (1971) citados por Chávez (1977) utilizaron el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) para evaluar variedades de trigo. Estos autores consideran la desviación de la regresión como una medida de la interacción genético-ambiental. Concluyen que cada variedad tiene su propio valor de regresión (S_{di}^2) y utilizan el término interacción

específica (variedad-ambiente) cuando una causa específica se hace presente, tal como el ataque de patógenos; de ésta forma encontraron que el ataque de roya influyó en la estabilidad de las variedades.

Márquez (1973) citado por Livera (1979) representó gráficamente los modelos fenotípicos con y sin interacción genético-ambiental. En el primer caso representó los valores fenotípicos en función de los efectos ambientales, con lo cual se genera una línea recta con pendiente igual a la unidad. Con esta base demuestra que en el modelo con interacción, una variedad que interacciona con el ambiente debe tener un coeficiente de regresión diferente a la unidad.

Torrice (1973) utilizando el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) evaluó 20 variedades de maíz en ocho diferentes ambientes, que son el resultado de la combinación de dos densidades de población, dos niveles de fertilidad en dos años de prueba. Al estimar los parámetros de estabilidad para índice de área foliar, índice de cosecha , índice de eficiencia y rendimiento de grano, encontró que juntamente con la modificación del rendimiento, también se modifican los índices en mayor o menor grado, dependiendo del genotipo. Concluye que las variedades cuando son mejoradas en condiciones ambientales críticas, muestran un mejor comportamiento en ambientes favorables.

Paniagua (1977) estudió las características del frijol que promoverían un mayor potencial de rendimiento cultivandose en asociación con maíz. Se utilizaron 18 cultivares de frijol en monocultivo o en asociación, determinandose los efectos cualitativos de 17 características en ciertos parámetros de adaptación de cada cultivar, desarrollado en seis ambientes diferentes (determinados por la localización, sistema de cultivo y tipo de maíz) en dos sitios de Colombia. Considera que las variedades se adaptan mejor cuando las regresiones de los niveles varietales en los índices ambientales respectivos se aproximan a la unidad y presentan altos valores promedio en cuanto a la característica considerada.

Este autor considera que una variedad es estable cuando tiene un coeficiente de regresión igual a uno. Para medir la adaptación, se hicieron dos tipos de mediciones; una tomando características complejas como: componentes individuales de rendimiento y características morfológicas y otra tomando el rendimiento y sus componentes. La variación pareció ser mayor en las características menos complejas, esto es, en el aspecto genético y desarrollo y menos en las características más complejas, lo cual sugiere que la estabilidad de la adaptación aumenta con la complejidad de la característica .

Chávez (1977) evaluó 23 líneas y variedades de avena en siete regiones de México, en relación con la sensibilidad de respuesta de los genotipo a los cambios ambientales (b_i) encontrando que el 66% del material genético evaluado presenta -

respuesta estadísticamente igual a la unidad ($b_i = 1.0$); - sin embargo, de los 23 materiales estudiados, sólo una línea se ajusta al concepto de estabilidad absoluta con respecto a los parámetros de estabilidad, $b_i = 1.0$ y $S_{di}^2 = 0$. Concluye que la prueba fué efectiva para incrementar la media de rendimiento, pero no para mejorar la estabilidad en función de las desviaciones de regresión (S_{di}^2); sugiere que para mejorar la estabilidad de las variedades el criterio de selección debe incluir la estimación de este parámetro.

Martín del Campo (1978) estudió la adaptación de 22 variedades de cacahuate en la zona central de Veracruz, con respecto a cinco ambientes relacionados con el área de cultivo y con variaciones en los ciclos de siembra, a fin de evaluar la respuesta de las mismas a los cambios en el ambiente. Los resultados obtenidos de cinco experimentos se sometieron al análisis de varianza propuesto por Eberhart y Russell (1966) para estimar los parámetros de estabilidad, encontrando tres variedades deseables, consideradas así por su ausencia de interacción genotipo ambiente y sus altos rendimientos. Concluye que para las condiciones particulares del estudio, cinco ambientes de prueba fueron suficientes para estimar los parámetros de estabilidad de las 22 variedades.

Córdoba (1978) utilizando el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) estima los parámetros de estabilidad de 16 variedades criollas de maíz, en comparación con cuatro variedades mejoradas, evaluadas en nueve localidades de Chinalte-

nango, Guatemala. En los resultados encontró que las variedades criollas superan en potencial de rendimiento y adaptación a las variedades mejoradas, comprobadas por sus parámetros de estabilidad. Concluye que el modelo utilizado es un buen instrumento en la identificación de material genético de gran potencial de rendimiento para los programas de mejoramiento.

Son varios los aspectos importantes que destacan en ésta revisión acerca de la interacción genotipo-medio ambiente y de los parámetros de estabilidad:

- 1.- Los investigadores han encontrado varias técnicas y modelos estadísticos para estimar los parámetros de estabilidad.
- 2.- El modelo estadístico propuesto por Eberhart y Russell (1966) se ha utilizado en mayor número de casos para estimar los parámetros de estabilidad en diferentes cultivos. De acuerdo con la literatura, este modelo parece ser el más adecuado.
- 3.- Los parámetros de estabilidad son una buena herramienta para la identificación de variedades o progenitores en los programas de mejoramiento genético.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación de los ambientes de prueba.

La evaluación del material genético se llevó a cabo en 12 localidades productoras de frijol de la zona trópic*al* húmeda - del Sureste de México, constituidas por los siguientes estados: Sur de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Chiapas y parte de Oaxaca. En varias localidades se incluyó más de un ciclo de siembra, por lo que se considera que una localidad en un ciclo determinado constituye un ambiente de prueba distinto, esto es, si dentro de una localidad en un año se establecieron dos experimentos con el mismo material genético, ambos se consideran como ambientes diferentes; de esta forma, el estudio incluye 12 localidades, de las cuales se muestran su localización geográfica y algunas características climatológicas en el Cuadro 1. La identificación geográfica de dichas localidades se muestran en la Figura 1. Con la combinación de localidades, años y ciclos de prueba se formaron 22 ambientes distintos, Cuadro 2.

3.2 Material Genético.

En el presente estudio se incluyen líneas y variedades de hábito de crecimiento indeterminado y arbustivo tipo 2 (semiguía corta) procedentes del programa de mejoramiento genético que se lleva a cabo en el Campo Agrícola Experimental Cotaxtla

CUADRO 1 Localización geográfica, temperatura y precipitación de 12 localidades de prueba.

Localidades	Latitud	Longitud	Altura sobre el nivel del mar (m)	Temperatura media anual (° C)	Precipitación media - anual (mm)
San Andrés T. Ver.	18° 27'	95° 13'	323	24.3	1995.5
Hueyapan de O.Ver.	18° 08'	95° 18'	14	26.2	1346.4
I.de la Llave, Ver.	18° 44'	95° 58'	8	26.5	1816.2
Tlalixcoyan, Ver.	18° 46'	96° 13'	84	25.3	1290.0
Cotaxtla, Ver.	19° 12'	96° 81'	16	25.2	1667.6
Alamo, Ver.	21° 05'	97° 38'	19	24.1	1386.2
Cazones, Ver.	20° 33'	97° 28'	150	24.3	1156.0
La Isleta, Ver.	18° 11'	96° 05'	29	25.1	2070.2
Villa Flores, Chis.	16° 14'	93° 16'	631	23.8	1235.0
Cayal, Camp.	19° 51'	90° 17'	30	26.0	1075.0
Muna, Yuc.	20° 59'	89° 39'	9	26.0	940
Chiltepec, Oax.	17° 52'	96° 12'	42	24.6	1523.7

Fuente: García 1973.

CUADRO 2 Identificación y características de los ambientes de prueba.

No.	Localidad	año	Fecha de siembra	Ciclo de siembra	Tipo de* siembra
1	Rio Tuxtla, Ver.	1979	15-octubre	otoño-inv.	HR
2	Cuatotolapan, Ver.	1979	10-octubre	otoño-inv.	HR
3	Cayal, Camp.	1979	20-septiembre	otoño-inv.	HR
4	Tumbadero, Ver.	1979	19-noviembre	otoño-inv.	HR
5	Muna, Yuc.	1979	25-agosto	prim-verano	T
6	Villa Flores, Chis.	1979	2-octubre	otoño-inv.	HR
7	Villa Flores, Chis.	1979	22-junio	prim-verano	T
8	El Mangal, Ver.	1979	26-septiembre	otoño-inv.	HR
9	Moyotla, Ver.	1979	11-octubre	otoño-inv.	HR
10	Los Migueles, Ver.	1979	1º-octubre	otoño-inv.	HR
11	El Cocuite, Ver.	1979	6-octubre	otoño-inv.	HR
12	CAECOT **	1978	18-febrero	inv-primavera	R
13	La Isleta, Ver.	1979	25-octubre	otoño-inv.	HR
14	CAECOT **	1979	22-febrero	inv-primavera	R
15	El Mangal, Ver.	1978	20-octubre	otoño-inv.	HR
16	Alamo, Ver.	1979	15-octubre	otoño-inv.	HR
17	CAECOT **	1979	25-septiembre	otoño-inv.	HR
18	Moyotla, Ver.	1978	27-octubre	otoño-inv.	HR
19	Chiltepec, Oax.	1979	6-diciembre	inv-primavera	HR
20	El Huidero, Ver.	1979	6-junio	prim-verano	T
21	Laguneta, Ver.	1979	7-junio	prim-verano	T
22	Sihuapan, Ver.	1979	8-junio	Prim-verano	T

* HR = Humedad residual

R = Riego

T = Temporal

** Campo Agrícola Experimental Cotaxtla (Medellín de Bravo, Ver.).

Figura 1 Localización geográfica de 12 localidades de prueba para evaluar 20 variedades de frijol en el trópico húmedo de México.



(CAECOT) del INIA. En algunos casos el material genético es el producto de cruzamientos, otros son líneas de reciente introducción de origen venezolano y los restantes son selecciones de colectas de variedades criollas. Además se utilizó la variedad Jamapa, que sirvió como testigo en la comparación y selección por rendimiento y estabilidad. En el Cuadro 3 se muestran las principales características agronómicas de las variedades.

3.3 Diseños estadísticos.

3. 3.1 Diseño experimental.

En el presente estudio se evaluaron 22 ensayos uniformes, utilizando para cada una de ellos el diseño de bloques al azar, con 20 tratamientos y cuatro repeticiones cada uno.

3. 3.2 Unidad experimental.

La parcela experimental fué de tres surcos de 6 m de largo y 0.60 m entre surcos, resultando una superficie de 10.80 m^2 . La parcela útil corresponde al surco central, eliminando las cabezeras, esto es, un surco de 5 m de largo y 0.60 m de ancho, obteniéndose así una superficie de 3.0 m^2 .

El establecimiento y conducción de los experimentos así como la toma de datos se hizo en forma uniforme. Se procuró que la densidad de población fuera de 250,000 plantas/ha. La práctica de fertilización efectuada para cada uno de los ensayos fué

CUADRO 3 Principales características agronómicas de las variedades de frijol utilizadas en el estudio de parámetros de estabilidad.

No.	Variedad	Días a la flor	Días a última flor	Días a madurez fisiológica	Altura de planta (cm)	Hábito de crecimiento*	G R A N O			Peso de 100 semillas - (gr)
							Color	tipo **	brillantez	
1	Cosver-1	40	62	78	49	tipo II	negro	2	opaco	22.0
2	Tepehua-7	40	64	77	47	tipo II	negro	2	opaco	23.0
3	Arriaga TB 2-1	40	62	76	47	tipo II	negro	2	opaco	24.0
11	Piedras Negras 1-1	39	62	76	48	tipo II	negro	1	ovoide	18.0
14	Medellín-2	39	62	77	47	tipo II	negro	3	opaco	17.5
13	Pinos-3	39	63	78	49	tipo II	negro	2	opaco	20.0
7	Pinos 2-A	39	62	77	49	tipo II	negro	2	opaco	18.0
9	Papaloapan 1-2	40	62	76	42	tipo II	negro	2	opaco	25.0
5	Papaloapan 2-1	40	62	77	47	tipo II	negro	1	ovoide	18.0
4	Papaloapan 3	39	60	77	47	tipo II	negro	2	opaco	21.0
12	Jamapa	39	62	77	48	tipo II	negro	2	opaco	20.0
8	II-749-M-M-M-1c-1c	40	62	77	48	tipo II	negro	2	opaco	17.5
20	II-750-M-M-M-1c-1c	40	61	77	50	tipo II	negro	2	opaco	22.0
15	II-761-M-M-M-1c-1c	39	62	76	48	tipo II	café	2	opaco	22.0
19	II-762-M-M-M-1c-1c	40	62	76	46	tipo II	negro	2	opaco	17.5
10	SB-7	38	62	75	52	tipo II	negro	2	opaco	18.0
6	SB-11	39	62	76	51	tipo II	negro	2	opaco	18.0
17	SB-13	40	62	76	47	tipo II	negro	3	opaco	18.0
16	SB-14	39	62	76	46	tipo II	negro	2	opaco	18.0
18	SB-20	39	61	76	51	tipo II	negro	2	opaco	20.0

* Tipo II (Indeterminado, arbustivo, semiguía corta)

** 1.- Redondeada (ovoide, elíptica)
 2.- Alargada
 3.- Arriñonada

de acuerdo a las recomendaciones dadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) para la zona de estudio. Las prácticas de cultivo fueron: mantener el cultivo libre de malezas los primeros 40 días de desarrollo de la planta, a base de deshierbes mecánicos o manuales; además, dar una o dos aplicaciones de insecticida para controlar las plagas insectiles. En los ambientes bajo condiciones de irrigación, los riegos se aplicaron de acuerdo a las necesidades de agua del cultivo, especialmente en las épocas críticas.

3. 3.3 Análisis estadísticos.

Se llevaron a cabo análisis de varianza individuales para cada experimento para estimar las diferencias entre los genotipos en el ambiente de prueba considerado. La información reunida de estos ensayos uniformes corresponde a los datos de rendimiento de grano en Kg/ha. En análisis estadístico se efectuó con 20 genotipos evaluados en 22 ambientes de prueba.

El análisis de varianza conjunto se hizo a partir de los análisis de varianza individuales utilizando el modelo estadístico descrito por Cochram y Cox (1974):

$$Y_{ijk} = \mu + A_j + R_{(j)k} + V_i + AV_{ij} + E_{ijk}; \text{ de donde:}$$

Y_{ijk} = Rendimiento en Kg/ha, correspondiente al i-ésimo experimento, j-ésima repetición de la k-ésima variedad .

μ = Media general.

A_j, V_i = Representan los efectos del ambiente y de variedad respectivamente.

$R_{(j)k}$ = Repeticiones de la k-ésima variedad en el ambiente j

AV_{ij} = Interacción de variedad - ambiente.

E_{ijk} = Término aleatorio del error.

En el Cuadro 4 se muestra el análisis de varianza combinado.

CUADRO 4 Análisis de varianza conjunto y cuadrados medios esperados descritos por Cochram y Cox.

Factor de variación	G.L.	(E) CM
Rep (Amb)	$n (r-1)$	
Variedades	$(v-1)$	$\sigma_{\epsilon}^2 + r\sigma_{vn}^2 + rn\sum V_i^2 / (v-1)$
Ambientes	$(n-1)$	
Variedades x ambientes	$(v-1) (n-1)$	$\sigma_{\epsilon}^2 + r\sigma_{vn}^2$
Error	$n (v-1) (r-1)$	σ_{ϵ}^2
Total	$(vnr-1)$	

En este análisis, el cuadrado medio de variedades está - influido por tres componentes: varianza del error experimental, varianza de la interacción variedades x ambientes y la varianza entre variedades; el denominador para F será el CM de la interacción para probar la hipótesis de que no hay interacción; el denominador para F será el CM del error combinado. El uso de este análisis fué para detectar si hay diferencia entre variedades y los ambientes de prueba, ya que para el presente estudio son necesarias, sobre todo para el factor ambientes.

3. 3.4 Análisis estadístico para estimar los parámetros - de estabilidad.

Después de analizar el rendimiento en forma individual de cada uno de los experimentos, se les aplicó a los rendimientos medios de cada variedad en cada ambiente el modelo estadístico para estimar los parámetros de estabilidad propuesto Eberhart y Russell (1966); dicho modelo es el siguiente:

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

donde:

Y_{ij} = Rendimiento medio de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente ($i=1,2,\dots,v$; $j=1,2,\dots,n$)

μ_i = Media de la i -ésima variedad, sobre todos los ambientes.

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

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

I_j = Índice ambiental obtenido como la media de todas las variedades en el i -ésimo ambiente, menos la media general, es decir:

$I_j = (\sum_i Y_{ij} / v) - (\sum_{i,j} Y_{ij} / vn)$; donde el índice ambiental promedio es igual a cero o sea:

$$I_j = 0$$

Para que los parámetros de estabilidad proporcionen información útil, la evaluación de los genotipos debe hacerse en un amplio rango de condiciones ambientales; éstos parámetros se estiman de la manera siguiente:

1.) El coeficiente de regresión estimado por:

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

2.) Las desviaciones de regresión se estiman como sigue:

$$S_{di}^2 = \frac{\sum_j \delta_{ij}^2}{n-2} - S^e / r$$

donde: S^e/r es el estimador del error ponderado (o la varianza de una media varietal en la j -ésima localidad); -

r es el número de repeticiones y S^2 el promedio ponderado de los errores de todos los experimentos involucrados en cada análisis de varianza que interviene en la estimación de los parámetros de estabilidad.

$$\text{Además: } \sum_j \delta_{ij}^2 = \left[\sum_j Y_{ij}^2 - Y_i^2 / n \right] - \left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2$$

El análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad se muestra en el Cuadro 5 .

Utilizando este modelo, la interacción genotipo- medio ambiente para cada variedad se puede dividir en dos: variación debida a la respuesta (lineal) que tiene una variedad de índices ambientales variados (suma de cuadrados debidas a su regresión), y las desviaciones inexplicables a la regresión sobre el índice ambiental.

Como en el presente estudio no se analizaron por estabilidad todos los genotipos evaluados de cada experimento, sino que se excluyeron algunos materiales que no aparecían en todos los ensayos, los grados de libertad del error conjunto no corresponden a los estimados por $n (r - 1) (v - 1)$ en el análisis de varianza, ya que v no corresponde al número de variedades involucradas en cada experimento.

3. 3.5 Pruebas de significancia.

El análisis propuesto por Eberhart y Russell involucra - las pruebas de significancia para las hipótesis que se plantean a continuación:

- 1) La significancia de las diferencias entre medias varietales (hipótesis nula),

Ho: $V_1 = V_2 \dots V_v$; fué probada mediante la prueba apróximada de F.

$$F = CM_1 / CM_2$$

- 2) La hipótesis de que no existen diferencias genéticas - entre variedades para su regresión sobre los índices - ambientales; o sea, Ho: $b_1 = b_2 = \dots br$; se hace también mediante una prueba apróximada de F:

$$F = CM_2 / CM_3$$

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

- 3) La hipótesis de que las desviaciones de regresión para cada variedad son estadísticamente igual a cero, se - realizan mediante la prueba de F:

$$F = \sum_j \delta_{ij}^2 / n-2 / \text{error conjunto.}$$

3. 3.6 Interpretación de los parámetros de estabilidad.

Ya que una variedad estable la define un coeficiente de regresión de uno ($b_i = 1$) y un cuadrado medio de las desviaciones de regresión igual a cero ($S_{di}^2 = 0$) sin tener opción para otras situaciones, Carballo y Márquez (1970) proponen una tabla de clasificación de las variedades (ver Cuadro 6) en función del significado en el valor de b_i y S_{di}^2 ; siendo así, cuando $b_i < 1.0$, indica una mejor respuesta en ambientes desfavorables y cuando $b_i > 1.0$ significa que la variedad responde bien en ambientes favorables. En relación al parámetro S_{di}^2 , se usa término "consistente" para indicar pocas fluctuaciones de las respuestas esperadas en determinados ambientes, es decir, $S_{di}^2 = 0$; e "inconsistente" cuando $S_{di}^2 > 0$, esto es, mayores fluctuaciones en los cambios ambientales alrededor de lo que se esperaría, en función de la tendencia general de la variedad.

El análisis de una variedad se complementa con el rendimiento promedio, el cual aunado a los valores de b_i y S_{di}^2 nos definen que tan deseable es una variedad. Un rendimiento promedio elevado, $b_i = 1$ y $S_{di}^2 = 0$, son las características que debe reunir una variedad deseable.

Cuadro 5 Análisis de varianza de n variedades probadas en n ambientes propuesto por Eberhart y Russell
(1966).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadros	Cuadrado medio
Variedad (V)	v-1	$\frac{1}{n} \sum_i Y_i^2 - F.C.$	CM ₁
Medios Ambientes (E)	n-1		
E x V	v(n-1) (v-1) (n-1)	$\sum_{ij} Y_{ij}^2 - \sum Y^2 / n$	
Medios Ambientes (lineal)	1	$\frac{1}{v} (\sum_j Y_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
V x E (Lineal)	v-1	$\sum_i \left (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 \right - \text{S.C. Meds. amb. lineal}$	CM ₂
Desviación conjunta	v(n-2)	$\sum_{ij} \delta_{ij}^2$	CM ₃
Variedad 1	n-2	$\left \sum_j Y_{1j}^2 - \left(\frac{Y_1}{n}\right)^2 \right - (\sum_j Y_{1j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
Variedad v	n-2	$\left \sum_j Y_{vj}^2 - \left(\frac{Y_v}{n}\right)^2 \right - (\sum_j Y_{vj} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
Error conjunto	n(r-1) (v-1)		CM ₄
Total	nv-1	$\sum_{ij} Y_{ij}^2 - F.C.$	

CUADRO 6 Interpretación de los parámetros de estabilidad según Carballo y Márquez, 1970 .

Categoría	B_i	S_{di}^2	Descripción
a	= 1	= 0	Variedad estable.
b	= 1	> 0	Buena respuesta en todos los ambientes, inconsistente.
c	< 1	= 0	Responde mejor en ambientes desfavorables, consistente.
d	< 1	> 0	Responde mejor en ambientes desfavorables, inconsistente.
e	> 1	= 0	Responde mejor en buenos ambientes, consistente.
f	> 1	> 0	Responde mejor en buenos ambientes, inconsistente.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de varianza.

4. 1.1 Análisis de varianza conjunto.

Los resultados del análisis de varianza conjunto se presentan en el Cuadro 7, en donde se incluyeron 20 variedades de frijol, evaluados en 22 ambientes distintos de la zona ecológica del trópico húmedo de México. En el cuadro antes mencionado se advierte que existen diferencias altamente significativas entre variedades, ambientes y en la interacción variedades-ambientes. La significancia manifestada para el factor variedades, indica que dentro del material evaluado hay variabilidad genética, la cual es recomendable para el presente estudio. Las diferencias encontradas para el factor ambientes, advierte que hubo variación entre ellos. La diferencia altamente significativa encontrada para la interacción de primer orden variedades-ambientes, indica que cada una de las variedades tiene un comportamiento diferente en relación al ambiente donde se le está evaluando.

4. 1.2 Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad.

El análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad se presenta en el Cuadro 8; se puede observar que existen diferencias significativas al nivel del 5% entre medias varietales, no habiéndose encontrado diferencias significativas

CUADRO 7 Analisis de varianza conjunto para 20 variedades de frijol evaluados en 22 ambientes del tropico húmedo de México.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Ambientes	21	19.5717	.9320	197.90 **
Repeticiones (amb)	66	1.5149	.0230	4.87 **
Variedades	19	0.3032	.0160	3.39 **
Var. x amb.	399	3.9360	.0099	2.09 **
Error	1254	5.9056	.0047	
Total	1759	31.2316	.0178	

C.V. = 21.66 %

** Altamente significativo al 0.01 de probabilidad.

CUADRO 8 Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de 20 variedades de frijol evaluadas en 22 ambientes del trópico húmedo de México.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Total	439	66.3262		
Variedades (V)	19	.8478	.04462	1.7214 *
Ambientes (A)	420	65.4784		
A x V				
A (lineal)	1	54.3624		
A x V (lineal)	19	.7477	.03935	1.5182
Desviación conjunta	400	10.3683	.02592	
Variedad 1	20	1.0545	.05273	3.5420 **
2	20	.7091	.03546	2.3819 **
3	20	.2832	.01416	.9515
4	20	.4675	.02338	1.5705
5	20	.3290	.01645	1.1051
6	20	.5814	.02907	1.9529 **
7	20	.2863	.01431	.9616
8	20	.9514	.04757	3.1958 **
9	20	.4474	.02237	1.5030
10	20	.3082	.01541	1.0352
11	20	.3821	.01911	1.2836
12	20	.2750	.01375	.9237
13	20	.7434	.03517	2.3628 **
14	20	.3794	.01897	1.2746
15	20	.3945	.01972	1.3251
16	20	.8077	.04039	2.7130 **
17	20	.3965	.01983	1.3319
18	20	.8301	.04151	2.7883 **
19	20	.4813	.02407	1.6168 *
20	20	.2998	.01499	1.0071
Error conjunto	1338		.01489	

C.V. = 21.66 %

** Altamente significativo al 0.01

* Significativo al 0.05

entre los coeficientes de regresión de las variedades sobre los índices ambientales determinado por el factor de variación A x V (lineal).

La variación significativa entre variedades indica que algunas de ellas tienen un mayor potencial de rendimientos que otras. La falta de significancia para los coeficientes de regresión indica que cada una de las variedades tiene una respuesta similar con respecto a su línea de regresión, esto es, aún cuando ya se dijo que cada variedad tiene una respuesta diferente según el ambiente donde se le pruebe, esa tendencia la tienen todos los materiales estudiados al tener líneas de regresión muy similares.

En este análisis de varianza se obtienen los valores de los parámetros b_i y S_{di}^2 para cada variedad, los cuales se presentan en el Cuadro 9. En este mismo cuadro se presentan los rendimientos promedio y se indica la significancia de los parámetros, para probar la hipótesis $b_i = 1.0$ y $S_{di}^2 = 0$; además se presentan los diferentes tipos de variedad según la tabla de categorías propuesta por Carballo y Márquez (1970).

4.2 Interpretación de los parámetros estimados para evaluar la estabilidad.

Se puede observar en el Cuadro 9 que con respecto a los valores de significancia para el coeficiente de regresión (b_i), solamente las variedades 15 y 18 son diferentes a la unidad; la variedad 15 tiene un $b > 1$ y la 18 un $b < 1$, que los convierte en materiales que responden bien en ambientes favorables y desfavorables respectivamente. Las variedades restantes forman un grupo de 18 con un valor de $b_i = 1.0$.

Con respecto a la significancia de los valores de las desviaciones de regresión, se contemplan dos grupos; el primero que agrupa a 12 variedades con un valor de $S_{di}^2 = 0$; y un segundo con las variedades restantes que tienen un valor de $S_{di}^2 > 0$; esto es, variedades con respuestas consistentes e inconsistentes, de acuerdo a los valores respectivos del parámetro evaluado.

En cuanto a la clasificación de las variedades según la tabla propuesta por Carballo y Márquez, las variedades estudiadas caen dentro de cuatro de las seis situaciones posibles, derivadas del valor que pueden tener los parámetros de estabilidad. Es así como un grupo de 11 variedades se consideran estables (situación a). Otro grupo lo forman siete variedades con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes, (situación b); la variedad 20 se considera con buena respuesta en ambientes desfavorables pero inconsistente (situación d), por último la variedad 15 tiene buena respuesta sólo en ambientes favorables y es consistente (situación e).

Cuadro 9 Rendimiento promedio y parámetros de estabilidad estimados para 20 variedades de frijol evaluados en 22 ambientes del trópico húmedo de México.

No. de Variedad	Rendimiento promedio en Kg/ha	Coefficiente de regresión (bi)	Desviación de regresión S^2_{di}	Tipo de variedad (a)
15	1131.80	1.289548 **	.00484	e
13	1121.68	1.158717	.02029	b
9	1112.83	.956017	.00749	a
7	1098.59	1.066285	.00057	a
14	1094.72	1.068143	.00409	a
16	1091.27	1.008971	.02550 **	b
12	1073.24	1.008419	.00114	a
6	1067.32	1.065683	.01419 **	b
2	1063.06	1.042828	.02057 **	b
4	1050.47	.877373	.00849	a
8	1048.56	.992789	.03269 **	b
20	1047.44	1.082694	.00011	a
3	1046.73	.972932	.00072	a
17	1045.06	.835076	.00494	a
11	1042.11	.973787	.00422	a
10	1039.68	1.067889	.00052	a
19	1019.10	.957914	.00918 *	b
1	1003.08	.851109	.03784 **	b
5	977.49	.987510	.00156	a
18	960.72	.736317	.02662 **	d
PROMEDIOS:	1056.74	1.0		

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

(a) Clasificación de variedades según Carballo y Márquez, (1970)

D.M.S. al 5% = 170 Kg/ha

En relación al rendimiento promedio de las variedades estudiadas, según el análisis estadístico, sí hay diferencia significativa al 5%; en base a la prueba DMS, se advierten dos grupos, el primero lo constituyen 19 variedades más rendidoras e iguales entre sí, donde queda fuera únicamente la variedad 20, el segundo grupo lo constituyen nuevamente 19 variedades, exepctuando la número 15.

En las Figuras 2 y 3 se encuentran representadas las variedades en función de la regresión del rendimiento sobre los índices ambientales. En la Figura 2, se puede notar como es que las líneas de regresión de todos los materiales tienen la misma pendiente, esto es, una respuesta similar y buena en todos los ambientes y consistente para las líneas que se sitúan alrededor del promedio general (situación a). La variedad 15 se nota que responde mejor en buenos ambientes, aunque en condiciones desfavorables sigue teniendo mejores rendimientos que el promedio general (situación e).

En la Figura 3 se presentan las líneas de regresión del grupo de variedades con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes (situación b) y la variedad 18 (situación d) que tiene buena respuesta en ambientes desfavorables, aún cuando siempre tiene rendimientos por debajo del promedio general.

Figura 2 Respuesta de 12 variedades de frijol en ambientes favorables 41. y desfavorables similares en consistencia ($S_{di}^2 = 0$).

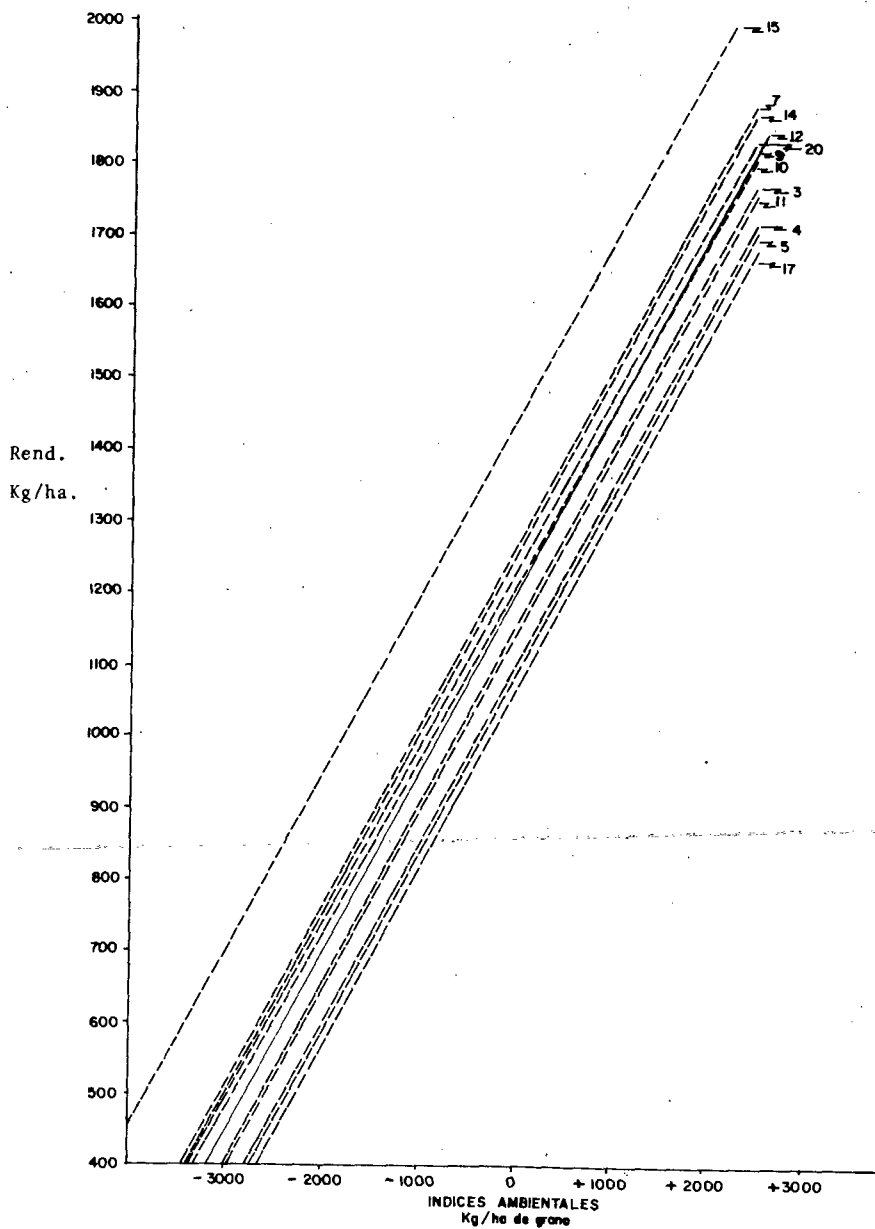
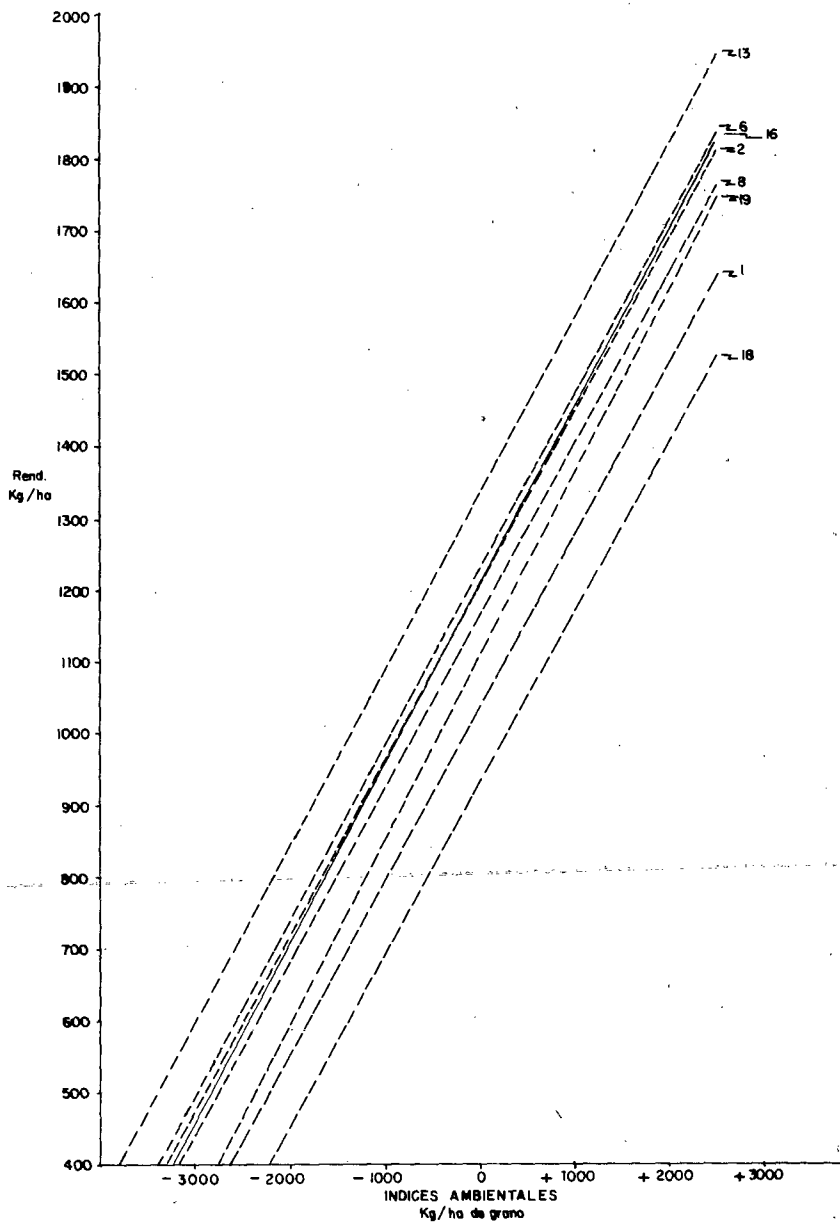


Figura 3 Respuesta de ocho variedades de frijol en ambientes fa- 42
 vorables y desfavorables, similares en consistencia ($S_{di}^2 > 0$)



5. DISCUSION

La clasificación de las variedades hecha de acuerdo a los valores de sus parámetros de estabilidad, calculados en base al modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), proporciona información sumamente confiable para seleccionar por rendimiento y estabilidad aquellas variedades que reúnan las condiciones necesarias para ser deseables; esto es, $b_i = 1.0$; $S_{di}^2 = 0$ y un promedio de rendimiento alto.

5.1 Clasificación de las variedades con respecto al coeficiente de regresión.

Son 18 los materiales que se adaptaron a todos los ambientes, ya que tienen un valor significativamente igual a la unidad para b_i , los cuales tienen un promedio de rendimiento muy similar a los genotipos restantes, la variedad 15 presenta respuesta sólo en ambientes favorables aún cuando en ambientes desfavorables tiene rendimiento más altos que el promedio general; la variedad 18 es un genotipo que tiene buena respuesta en ambientes desfavorables, cabe mencionar que este siempre tuvo rendimientos más bajos que el promedio general.

5.2 Clasificación de las variedades según su desviación de regresión.

Al emplear este análisis la información obtenida es más completa ya que se incluye la estimación del parámetro S_{di}^2 ,

el cual es en realidad el que determina la estabilidad de los materiales en el área de adaptación definida por el coeficiente de regresión b_i . Desde este punto de vista, S_{di}^2 es el parámetro que tiene mayor importancia en la discriminación de variedades por estabilidad; varios investigadores así lo consideran; Eberhart y Russell (1966), Carballo (1970), Jowett 1972, Chavez (1977), Gómez (1977).

Tomando en cuenta el criterio anterior, sólo 12 materiales presentan consistencia en su respuesta en diversos ambientes ($S_{di}^2 = 0$), de los cuales 11 de ellos reúnen las condiciones necesarias para ser consideradas como " variedades deseables " ya que en relación a su rendimiento promedio no hay diferencia estadística entre ellos, pues del grupo de 20 variedades , las 19 primeras son iguales entre sí y diferentes a la variedad 18.

5.3 Identificación de " Variedades deseables".

Dentro del grupo de variedades deseables se encuentran siete genotipos seleccionados a partir de colectas de variedades criollas, dos líneas introducidas de origen venezolano, un híbrido producto del cruzamiento Jamapa X Canario 101 y la variedad testigo; dichas variedades son: Papaloapan 1-2, Pinos-2-A, Medellín-2, Jamapa, Papaloapan-3, II-762-M-M-M-1c-1c, - Arriaga TB 2-1, SB-13, Piedras Negras 1-1, SB-7 y Papaloapan 2-1.

La respuesta de estas variedades se explica bajo el siguiente supuesto: con respecto a los genotipos seleccionados a partir de variedades criollas que presentaron estabilidad, posiblemente se deba a que siguen manteniendo cierto grado de rusticidad proporcionado por las mismas variedades criollas; además, las hace competir con la variedad Jamapa, que su origen es a base de un compuesto de líneas seleccionadas de una colecta de Veracruz. Ahora bien, ya que no se incluyeron las variedades criollas originales en este estudio, queda por comprobar si éstos tienen el mismo grado de estabilidad que el estimado para las variedades seleccionadas. Por otra parte, al haberse hecho la selección tomando siempre como tes tigo a la variedad Jamapa, ésta selección provocó un grupo de variedades muy semejantes, tanto en el tipo de planta como en ciertas características agronómicas, tales como: días a primera y última flor, madurez fisiológica, altura de planta, co lor y tipo de grano, de vaina; además, se comprobó en este estudio con la estimación de los parámetros, la estabilidad de éstas variedades haciendolas aún mas semejantes.

Es conveniente mencionar que las regiones frijoleras donde se llevó a cabo el presente estudio y que están dentro de la zona ecológica del trópico húmedo tienen condiciones ambientales muy similares, por lo que se puede suponer en base a éstas consideraciones la falta de diferencia en las respues tas de las variedades evaluadas. Lo anterior nos indica que para el caso del estudio del frijol, dada la similitud de las

condiciones ambientales donde se le siembra en el trópico, se sugieren 6 localidades: Norte, Centro y Sur de Veracruz; Cayal, Camp.; Muna, Yuc. y Villa Flores, Chis.; éstas se localizan en regiones frijoleras importantes en donde se puede obtener información del comportamiento de las variedades a evaluar.

En lo que respecta a la línea II-762-M-M-M-1c-1c, la tendencia a mostrar buen comportamiento en todos los ambientes y tener un rendimiento predecible (consistente) puede deberse al hecho de que tenga genes para estabilidad proporcionados en el cruzamiento con la variedad Jamapa. Con respecto a las líneas introducidas SB-7 y SB-13, se puede inferir lo mismo que para las variedades criollas.

5.4 Identificación de variedades inconsistentes.

Cabe mencionar que en el proceso de mejoramiento de los cultivares de frijol estudiados sólo se utilizó una localidad, lo cual permite explicar porque varios genotipos presentan alta inconsistencia. Varios autores concluyen que cuando se quiere seleccionar por estabilidad es conveniente evaluar los materiales en ambientes distintos, ya que de no hacerlo se encontrará alta inconsistencia; Camacho (1968), Gómez (1977), Córdoba (1978).

Siete materiales forman el grupo de variedades con buena respuesta en todos los ambientes de prueba pero tienen un alto grado de inconsistencia ya que presentan un valor estimado -

estadísticamente mayor que cero para S_{di}^2 . Este grupo lo forman las variedades Pinos-3, Tepehua-7 y Cosver-1, II-749-M-M-M-1c-1c, II-750-M-M-M-1c-1c, SB-II y SB-14. Sus rendimientos son semejantes a los materiales que forman el grupo de variedades deseables.

Solamente las líneas II-761-M-M-M-1c-1c y SB-20 presentan situaciones diferentes, la primera tiene buena respuesta solo bajo condiciones favorables $b_i > 1$, no obstante siempre tuvo rendimientos más altos que el promedio general bajo condiciones desfavorables, además su comportamiento es predecible, $S_{di}^2 = 0$. La línea SB-20 responde bien solo en ambientes desfavorables aún cuando siempre presentó sus rendimientos por abajo del promedio general, tiene un valor estimado de $S_{di}^2 > 0$ (inconsistente), convirtiéndola en una variedad poco deseable, ya que hay otras variedades que tienen mejor respuesta en ambientes desfavorables pero consistentes.

En base a los resultados que se han obtenido al emplear la metodología que proponen Eberhart y Russell (1966), y utilizando la tabla para la interpretación de los parámetros de estabilidad propuesta por Carballo y Márquez (1970), se han identificado un buen número de variedades estables, en su mayoría fueron las selecciones de criollos y en menor cantidad las introducciones e híbridos. Estas variedades se pueden utilizar como fuente de estabilidad en cruzamientos con variedades identificadas con buen potencial de rendimiento pero con ausencia del carácter estabilidad.

6. CONCLUSIONES

De los resultados de esta investigación y los argumentos presentados en la discusión de los mismos, se derivan las siguientes conclusiones:

1.- La metodología utilizada fué efectiva para caracterizar las variedades con respecto a la estabilidad del rendimiento de las mismas.

2.- Se identificó un grupo de 11 variedades que presentaran características deseables de rendimiento y estabilidad, las cuales se utilizarán en un programa de cruzamientos tomándolas como fuente de éste carácter.

3.- En general se observó que las variedades producto de selección de criollos son más estables que las variedades híbridas o las de reciente introducción.

4.- Las variedades que se proponen para utilizarlas como fuente del carácter estabilidad son las siguientes:

Papaloapan 1-2	Arriaga TB-2-1
Pinos 2-A	Piedras Negras 2-1
Medellín-2	Papaloapan 2-1
Papaloapan-3	Jamapa

5.- Las localidades de prueba estudiadas en el trópico húmedo del Sureste de México resultaron ser muy similares; una de ellas seleccionada estratégicamente se puede utilizar como sede de mejoramiento y para llevar a cabo las pruebas regionales son suficientes seis localidades: Norte, Centro y Sur de Veracruz, Cayal, Camp., Muna, Yuc. y Villa Flores, Chis.

R E S U M E N

En el sureste de México el rendimiento de frijol para grano es de 580 kg/ha; hay razones muy variadas por las que este rendimiento es bajo, la principal es la utilización de variedades criollas; éstas por ser compuestas por diferentes tipos de frijol no guardan uniformidad en el tiempo y espacio ocupado. Es importante entonces, contar con variedades de alto potencial de rendimiento, que se adapten en forma general o específica a las diversas condiciones del trópico húmedo de México.

A partir de 1978 se evaluaron 20 variedades de frijol en 12 localidades del sureste de México potenciales para este cultivo, con el fin de estimar el rendimiento del frijol para grano en función de su estabilidad a través de localidades, ciclos de siembra y años de prueba. Los resultados de 22 ensayos uniformes de rendimiento se sometieron al análisis estadístico para estimar los parámetros de estabilidad propuesto por Eberhart y Russel (1966), donde se considera el coeficiente de regresión (b_i) que mide la respuesta de una variedad en distintos ambientes, y el cuadrado medio de las desviaciones de regresión (S_{di}^2) , utilizando para su interpretación la tabla propuesta por Carballo y Márquez (1970).

Los resultados indican que de las 20 variedades evaluadas, 18 tienen buena respuesta en todos los ambientes estudiados, ya que su coeficiente de regresión estimado fué significativamente

igual a la unidad ($b_i = 1.0$). De este grupo sólo 11 variedades son consistentes, es decir se puede predecir su respuesta para los ambientes estudiados, ya que el valor estimado para su desviación de regresión fué significativamente igual a cero - - ($S_{di}^2 = 0$); por otra parte, los rendimientos de éstas variedades son estadísticamente iguales. Con los parámetros de estabilidad estimados y los rendimientos medios obtenidos, se puede decir que este grupo reúne las condiciones para ser consideradas como " Variedades deseables "; esto es, $b_i = 1.0$, $S_{di}^2 = 0$ y un rendimiento promedio alto.

Las otras siete variedades de este grupo no se pueden considerar como " Variedades deseables", ya que tienen valores para su desviación de regresión significativamente mayores que cero - ($S_{di}^2 > 0$) lo que las hacen ser muy inconsistentes, es decir, no se puede predecir su comportamiento.

Dos variedades tuvieron respuestas diferentes a los grupos anteriores. La variedad II-761-M-M-M-1c-1c tiene buena respuesta sólo en ambientes favorables ($b_i > 1.0$), siendo predecible ésta respuesta ($S_{di}^2 = 0$). La otra variedad SB-20 responde bien sólo bajo condiciones desfavorables ($b_i < 1.0$) y es inconsistente ($S_{di}^2 > 0$), teniendo siempre sus rendimientos por abajo del promedio general.

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1) La metodología utilizada fué efectiva para caracterizar las variedades con respecto a la estabilidad del rendimiento de las mismas.

2) Para la caracterización de las variedades en base a la estabilidad de las mismas, se utilizaron el coeficiente de regresión y la desviación de la regresión, siendo éste último parámetro el que determinó la estabilidad de las variedades, en el área de adaptación definida por el coeficiente de regresión.

3) Se identificó un grupo de 11 variedades que presentaron características deseables en cuanto a rendimiento y estabilidad de las cuales, siete son selecciones de variedades criollas, dos introducciones y un híbrido.

4) En general se observó que las variedades producto de selecciones de criollos son más estables que las variedades híbridas o los de reciente introducción.

5) Las 12 localidades de prueba muy similares, por lo que se sugieren seis de ellas para llevar a cabo los ensayos de rendimiento regionales: Norte, Centro y Sur del estado de Veracruz, Cayal, Camp. , Muna, Yuc. y Villa Flores, Chis., siendo que una de éstas localidades se puede utilizar como sede del mejoramiento para la zona trópicual húmeda del Sureste de México.

BIBLIOGRAFIA

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

Betanzos M., E. 1970. Dos aspectos en el estudio de la interacción genético-ambiental. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.

Bucio A., L. 1966. Environmental and genotype environmental component of variability. I Inbreed lines. Heredity 21: 399-405.

Camacho, L.H. 1968. Estabilidad y adaptabilidad de líneas homocigotas de frijol Phaseolus vulgaris L. y su implicación en la selección por rendimiento. Agronomía Tropical. Vol. XVIII, 2:211-224.

Carballo C., A. 1970. Comparación de variedades de maíz en el Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.

Cervantes S., T. 1976. Efectos genéticos y de interacción genotipo-ambiente en la clasificación de razas mexicanas de maíz. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, EN.A. Chapin go. Mex.

- Chávez Ch., J. 1977. Estabilidad del rendimiento de grano de avena (Avena sativa L.) en diferentes agrupamientos ambientales. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.
- Cochran, W.G. and G.M. Cox. 1970. Diseños experimentales. Ed. Trillas. México.
- Cordova, H. 1978. Uso de parámetros de estabilidad para evaluarse el comportamiento de variedades criollas de maíz (Zea maíz L.) en Chimaltenango. Guatemala, C.A.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36-40
- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme Aust. J. Agric. Res., 14: 742-754.
- Gómez M.N. 1977. Estabilidad del rendimiento y delimitación de áreas del cultivo de sorgo para grano en México. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.
- Johaansen, W. 1909. Elemente der exakten erblichkeitslehre, Ist ed, 515 pp. Jena: Gustav Fisher.

- Juárez E., R. 1977. Interacción genotipo-medio ambiente en la selección y recomendación de híbridos de sorgo para grano. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, E. N.A. Chapingo, Méx.
- Jowett, D. 1972. Yield stability parameters for soghum in East Africa. *Crop. Sci.*, 12: 314-317.
- Lepíz I., R. 1980. Programa Nacional de frijol. Plan de investigación. SARH, INIA, Méx.
- Libera M., N. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Niench) tolerantes al frío. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, E. N.A. Chapingo, Méx.
- Márquez, S.F., 1974. El problema de la interacción genotipo ambiental en genotecnia vegetal. PATENA, A.C., - Chapingo, Méx.
- Martín del Campo M., J.N. 1978. Adaptación de 22 variedades mejoradas de cacahuete (*Arachis hipogaea*, L.) en la zona Central de Veracruz. Tesis de Ing. Agr., Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. Méx.
- Moll, R.H. and Stuber, C.W. 1974. Quantitative genetics empirical results relevant to plant breeding. *Adu. Agron.* 26 (IV): 287-295 .

Palomo, G.A. y J. Molina G. 1975. Estabilidad del rendimiento en variedades del algodónero (G. hirsutum L.) para la Comarca Lagunera. Agrociencia. 21: 67-76.

Paniagua G., C.V. 1977. Identification and stability of traits important to yield of beans in associated culture. Thesis Ph. D. East Lansing, Michigan State University. Department of Crop and Soil Sci.

Plaisted, R.L. and Peterson, L.C. 1959. A. Technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. Am. Potato J. 36: 381-385.

Torrice P., B.R. 1973. Comportamiento en ambientes variables de 20 variedades de maíz (Zea mays L.) desarrolladas en condiciones contrastadas de medio ambiente. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Mex.

A P E N D I C E

Cuadro 1a. Rendimiento medio y prueba de Dunca de 20 variedades de frijol evaluadas en la zona Norte del estado de Veracruz. 1979 y 1980.

Tumbadero, Ver. 1979 *			Los Migueles, Ver. 1980 *			Alamo, Ver. 1979 *		
Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha		Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha		Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha	
4	800	a	9	1066	a	13	1058	a
9	766	ab	17	1025	ab	9	1587	ab
11	725	abc	16	1020	ab	14	1579	ab
19	695	abcd	14	1004	ab	8	1533	abc
17	604	abcde	11	908	abc	10	1508	abcd
2	583	abcdef	3	904	abcd	11	1491	abcd
7	575	abcdef	8	891	abcd	7	1475	abcde
5	562	abcdef	19	887	abcd	15	1404	abcdef
14	529	abcdef	7	862	abcde	6	1375	abcdef
1	525	abcdef	10	850	abcdef	12	1370	abcdef
12	491	abcdef	13	825	abcde	20	1166	cdefg
18	491	abcdef	12	816	bcde	5	1162	cdefg
6	479	abcdef	16	816	bcde	18	1141	defg
13	470	abcdef	4	762	cde	17	1129	defg
10	462	bcdef	2	750	cde	4	1108	efg
16	433	cdef	1	745	cde	3	1083	fg
8	416	cdef	20	687	cde	16	895	gh
3	391	def	15	670	cde	2	887	gh
15	329	ef	18	666	de	19	733	hi
20	266	f	5	625	e	1	516	i

^{1/} Esta numeración corresponde a la presentada en el Cuadro 3

* Húmedad residual.

Cuadro 2a. Rendimiento medio y prueba de Duncan de 20 variedades de frijol evaluadas en la zona Centro del estado de Veracruz. 1978 y 1979.

El Mangal, Ver. 1978 **		Moyotla, Ver. 1978 **		CAECOT 1978 *		El Cocuite, Ver. 1979**	
Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha	Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha	Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha	Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha
14	1050 a	15	1233 a	6	970 a	18	1283 a
13	1041 ab	16	1083 ab	15	958 a	8	1266 ab
6	1025 ab	7	1025 bc	17	954 a	16	1212 abc
9	991 abc	1	1016 bc	1	945 a	15	1208 abc
17	950 abc	2	1008 bcd	12	941 a	12	1204 abc
5	945 abc	12	1000 bcd	10	929 a	13	1183 abc
18	941 abc	11	1000 bcd	3	925 a	19	1183 abc
1	925 abc	17	966 bcd	4	900 a	2	1145 abcd
11	912 abc	13	958 bcd	2	883 a	1	1133 abcd
19	912 abc	20	950 bcd	8	858 a	20	1125 abcd
12	891 abc	3	933 bcd	19	858 a	3	1100 acbd
20	891 abcd	6	925 bcd	11	837 a	17	1083 abcd
10	870 abcd	9	916 bcd	14	808 a	5	1058 abcd
7	841 abcd	10	908 bcd	7	804 a	6	1058 abcd
16	808 abcde	4	908 bcd	13	791 a	4	1041 abcd
4	750 bcde	8	900 bcd	20	737 a	10	1037 abcd
2	716 cde	14	875 bcd	9	712 a	14	1029 abcd
15	595 def	5	816 cd	5	700 a	9	975 bcd
3	558 ef	19	808 cd	18	683 a	7	958 cd
8	366 f	18	791 d	16	633 a	11	879 d

* Campo Agrícola Experimental Cotaxtla

^{1/} Esta numeración corresponde a la presentada en el Cuadro 3 .

CONTINUACION CUADRO 2a.

El Mangal, Ver. 1978 **			Moyotla, Ver. 1979 **			CAECOT 1979 *		CAECOT 1979 **			
Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha		Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha		Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha	Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha		
2	1125	a	8	1466	a	15	1750	a	1	1662	a
16	1191	ab	3	1308	ab	13	1716	ab	4	1662	a
17	1175	ab	4	1300	ab	10	1625	abc	19	1604	a
8	1095	abc	16	1241	ab	12	1608	abc	13	1575	a
12	1083	abc	7	1179	ab	6	1575	abcd	16	1558	a
20	1062	abc	17	1166	ab	19	1566	abcd	3	1541	ab
7	1054	abc	5	1150	ab	1	1541	abcd	9	1541	ab
6	1041	abc	1	1083	ab	20	1541	abcd	2	1487	ab
18	1008	abc	2	1066	ab	14	1525	abcd	7	1404	ab
15	1004	abc	14	1058	ab	4	1516	abcde	15	1387	ab
3	995	abc	15	975	ab	11	1508	abcde	10	1358	ab
9	987	abc	20	975	ab	9	1466	abcde	14	1350	ab
4	979	abc	19	975	ab	7	1433	abcde	8	1341	ab
19	904	abc	12	958	ab	18	1416	abcde	17	1333	ab
5	887	abc	9	950	b	17	1350	bcdef	18	1325	ab
1	870	abc	6	925	b	3	1341	cdef	11	1316	ab
10	829	abc	11	891	b	16	1333	cdef	20	1304	ab
13	766	bc	10	816	b	5	1225	def	6	1295	ab
14	754	bc	13	816	b	2	1158	efg	5	1258	ab
11	691	c	18	800	b	8	1016	fg	12	1204	ab

* Riego

** Húmedad residual

^{1/} Esta numeración corresponde a la presentada en el Cuadro 3

Cuadro 3a. Rendimiento medio y prueba de Duncan de 20 variedades de frijol evaluadas en la zona Sur del estado de Veracruz, 1979

El Huidero, Ver. *		Laguneta, Ver. *		Sihuapan, Ver. *		Rio Tuxtla, Ver. **		Cuatotolapan, Ver. **	
Var	Rendimiento en Kg/ha	Var	Rendimiento en Kg/ha	Var	Rendimiento en Kg/ha	Var	Rendimiento en Kg/ha	Var	Rendimiento en Kg/ha
6	1876 a	4	1310 a	13	1766 a	18	1191 a	3	562 a
15	1790 a	15	1224 abc	1	1691 ab	13	1183 a	1	454 ab
14	1756 a	12	1195 abcd	7	1691 ab	17	1170 a	9	450 ab
12	1727 a	11	1151 abcde	8	1558 abc	1	1158 ab	16	445 ab
7	1717 a	14	1133 abcde	14	1533 abcd	2	1150 ab	2	429 b
9	1705 a	9	1105 abcde	15	1475 abcd	4	1145 ab	8	416 b
13	1700 a	1	1040 abcde	9	1458 abcd	12	1137 ab	7	416 b
11	1634 a	7	1036 abcde	20	1366 abcde	19	1137 ab	15	416 b
16	1545 a	3	1015 abcde	2	1350 abcde	8	1120 ab	20	412 b
20	1492 ab	13	1013 abcde	12	1341 abcde	20	1112 ab	19	404 b
2	1452 ab	16	970 abcde	11	1316 abcde	3	1108 ab	4	400 b
8	1447 ab	18	927 bcde	3	1308 abcde	10	1075 abc	6	400 b
3	1401 ab	19	902 bcde	16	1258 bcde	16	1070 abc	14	395 b
10	1390 ab	5	878 bcde	6	1250 bcde	15	1025 abcd	11	387 b
5	1343 ab	2	832 cde	10	1182 cdef	7	991 abcde	10	375 b
17	1331 ab	20	825 cde	19	1158 cdef	9	987 abcde	13	375 b
4	1328 ab	8	820 cde	4	1125 cdef	14	929 bcde	5	366 b
1	1315 ab	17	770 de	5	1075 def	6	879 cde	17	366 b
19	1301 ab	6	738 e	17	916 ef	5	837 de	18	366 b
18	915 b	10	729 e	18	775 f	11	829 de	12	362 b

* Temporal

** Humedad residual

1 Esta numeración corresponde a la presentada en el Cuadro 3

Cuadro 4a. Rendimiento medio y prueba de Duncan de 20 variedades de frijol evaluadas en la cuenca alta del Rio - Papaloapan. 1979.

La Isleta, Ver.		Chiltepec, Oax.	
Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha	Var. ^{1/}	Rendimiento en Kg/ha
16	2020 a	16	775 a
20	1991 a	18	750 a
15	1891 a b	9	725 a b
2	1870 a b c	8	712 a b
5	1795 a b c d	14	695 a b c
10	1785 a b c d	17	687 a b c
19	1762 a b c d	11	650 a b c
13	1745 a b c d	7	633 a b c
7	1741 a b c d	12	595 a b c
14	1741 a b c d	4	587 a b c
3	1687 a b c d	5	570 a b c
8	1666 a b c d	20	562 a b c
11	1637 a b c d	13	558 a b c
17	1562 a b c d	1	554 a b c
6	1537 a b c d	3	533 a b c
12	1495 a b c d	19	516 a b c
9	1387 b c d	10	462 b c
4	1383 b c d	2	458 b c
18	1304 c d	15	441 b c
1	1287 d	6	420 c

^{1/} Esta numeración corresponde a la presentada en el Cuadro 3.

Cuadro 5a. Rendimiento medio y prueba de Duncan de 20 variedades de frijol evaluadas en los estados de Campeche, Yucatán y Chiapas.

Cayal, Camp. **			Muna, Yuc. **			Villa Flores, Chis.*			Villa Flores, Chis. **		
Var. ^{1/}	Rend. en Kg/ha		Var. ^{1/}	Rend. en Kg/ha		Var. ^{1/}	Rend. en Kg/ha		Var. ^{1/}	Rend. en Kg/ha	
16	530	a	15	1599	a	15	1759	a	2	1705	a
15	517	a	3	1496	ab	8	1635	ab	6	1520	ab
13	507	a	9	1479	ab	5	1631	ab	13	1412	abc
18	485	ab	10	1445	ab	18	1571	abc	9	1396	abcd
8	475	ab	2	1429	ab	9	1481	abc	17	1335	bcde
7	468	ab	7	1427	ab	3	1480	abc	20	1255	bcdef
20	466	ab	16	1415	ab	17	1480	abc	12	1230	bcdef
3	457	ab	18	1397	ab	6	1465	abc	19	1227	bcdef
10	456	ab	1	1363	ab	7	1464	abc	10	1225	bcdef
1	454	ab	19	1362	ab	16	1458	abc	15	1221	bcdef
9	426	ab	6	1347	ab	2	1452	abc	11	1185	bcdef
19	415	ab	3	1345	ab	10	1447	abc	14	1166	bcdefg
14	380	ab	4	1338	ab	14	1439	abc	5	1130	cdefg
12	365	ab	14	1332	ab	12	1435	abc	3	1045	defgh
11	356	ab	17	1299	ab	4	1413	abc	8	1032	efgh
17	355	ab	11	1295	ab	11	1346	abc	7	1003	efgh
6	355	ab	20	1290	ab	19	1287	abc	4	1000	efgh
4	348	ab	12	1228	ab	1	1275	abc	16	823	gh
2	345	ab	5	1199	b	20	1206	bc	1	820	gh
5	285	b	8	1188	b	13	1106	c	18	740	h

* Temporal

** Húmedad residual

^{1/} Esta numeración corresponde a la presentada en el Cuadro 3 .

Cuadro 6a. Rendimiento de 20 variedades de frijol en Kg/ha en 22 localidades de prueba.

Localidades	A M B I E N T E S																						Rendimiento media (kg/ha)
	A M B I E N T E S																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
II 751-M-M-M-1c-1c	1025	416	518	329	1597	1759	1221	1004	975	671	1208	958	1892	1775	1233	1404	1387	596	441	1790	1224	1475	1131
Pinos-3	1183	375	508	471	1497	1106	1412	767	817	833	1183	792	1746	1717	958	1658	1575	1041	558	1701	1013	1766	1121
Papaloapan 1-2	987	450	416	767	1479	1481	1396	988	950	1004	975	713	1388	1467	908	1587	1541	916	725	1705	1106	1458	1112
Pinos-2-A	991	416	467	575	1428	1464	1003	1054	1179	863	958	804	1742	1433	1025	1475	1404	808	633	1718	1036	1691	1098
Medellín-2	929	396	381	529	1333	1439	1500	754	1058	1013	1029	808	1742	1525	875	1579	1350	1058	696	1758	1133	1533	1094
II-750-M-M-M-1c-1c	1071	446	530	433	1415	1458	823	1192	1242	804	1213	633	2021	1333	1083	896	1558	791	775	1545	1487	1258	1091
Jamapa (t)	1137	362	365	492	1228	1436	1230	1083	958	742	1204	542	1496	1068	1000	1371	1204	891	596	1728	1196	1341	1073
SB-11	879	400	356	479	1348	1465	1520	1042	925	1021	1058	971	1538	1575	925	1375	1296	1025	421	1877	738	1250	1067
Tepehua-7	1150	429	345	583	1429	1452	1706	1225	1067	750	1146	883	1871	1158	1008	887	1487	716	458	1452	833	1350	1063
Papaloapan-3	1146	400	348	800	1338	1413	1000	979	1300	763	1042	900	1383	1517	908	1075	1662	750	587	1330	1311	1125	1050
II-749-M-M-M-1c-1c	1121	416	475	417	1188	1635	1032	1096	1467	733	1267	858	1667	1017	900	1533	1341	366	712	1447	821	1558	1048
II-762-M-M-M-1c-1c	1112	412	458	267	1291	1206	1255	1063	975	742	1125	738	1992	1542	950	1166	1304	891	562	1494	1133	1366	1047
Arriaga TB-2-1	1108	562	457	392	1345	1481	1046	996	1308	904	1100	925	1688	1342	933	1083	1541	558	533	1402	1015	1308	1046
SB-13	1171	366	356	604	1299	1480	1335	1175	1167	996	1083	954	1563	1342	966	1129	1333	950	687	1332	777	916	1045
Piedras Negras 1-1	829	387	357	642	1295	1346	1185	692	829	967	879	838	1638	1508	1000	1491	1316	912	650	1634	1151	1316	1042
SB-7	1075	375	454	463	1446	1447	1225	829	817	875	1038	929	1783	1629	908	1508	1358	871	462	1391	812	1182	1039
SB-14	1137	404	389	696	1363	1287	1227	904	975	729	1183	858	1763	1567	808	733	1604	912	516	1301	903	1158	1019
Cosver-1	1158	454	427	525	1363	1275	820	871	1083	746	1133	946	1288	1542	1016	516	1662	925	554	1315	1040	1691	1003
Papaloapan 2-1	837	366	285	563	1199	1631	1130	888	1150	625	1058	700	1796	1225	816	1162	1258	946	571	1344	878	1075	977
SB-20	1191	366	486	492	1398	1571	740	1008	800	813	1283	683	1304	1417	791	1141	1325	941	750	916	927	775	960
PROMEDIO	1061	409	418	525	1363	1441	1190	980	1055	829	1108	841	1665	1434	950	1238	1425	843	594	1509	1026	1329	1056
INDICE AMBIENTAL	53	-646	-638	-530	306	385	116	-76	-1	-227	51	-215	607	405	-106	184	368	-216	-462	444	+29	273	

* La numeración de los ambientes corresponde a la presentada en el Cuadro.3

Cuadro 7a. Significancia para las fuentes de variación bloques y tratamientos para 20 variedades de frijol evaluadas en 22 ambientes diferentes.

Ambiente	Fuentes de Variación			C.V. %
	Fc	Bloques	Fc tratamientos	
1 Rio Tuxtla, Ver.	7.51	**	3.41 **	13.05
2 Cuatotolapan, Ver.	22.21	**	1.31 N.S.	20.10
3 Cayal, Camp.	2.62	N.S.	1.17 N.S.	29.80
4 Tumbadero, Ver.	0.14	N.S.	2.07 N.S.	36.03
5 Uxmal, Yuc.	3.97	N.S.	0.75 N.S.	16.88
6 Villa Flores, Chis.	3.19	N.S.	1.20 N.S.	19.67
7 Villa Flores, Chis.	5.36	*	4.97 **	18.37
8 El Mangal, Ver.	1.28	N.S.	1.22 N.S.	26.53
9 Moyotla, Ver.	2.43	N.S.	1.41 N.S.	28.31
10 Los Migueles, Ver.	9.63	**	3.54 **	17.01
11 Cocuite, Ver.	1.10	N.S.	1.68 N.S.	15.52
12 CAECOT	2.00	N.S.	0.74 N.S.	28.15
13 La Isleta, Ver.	0.62	N.S.	1.60 N.S.	19.88
14 CAECOT	1.77	N.S.	3.75 **	15.15
15 El Mangal, Ver.	1.66	N.S.	2.40 N.S.	13.59
16 Alamo, Ver.	13.33	**	7.14 **	18.32
17 CAECOT	24.00	**	1.13 N.S.	21.64
18 Moyotla, Ver.	0.45	N.S.	4.01 **	20.24
19 Chiltepec, Oax.	14.07	**	1.59 N.S.	27.61
20 El Huidero, Ver.	1.47	N.S.	1.60 N.S.	23.69
21 Laguneta, Ver.	7.98	**	2.21 N.S.	25.43
22 Sihuapan, Ver.	1.82	N.S.	3.27 *	20.93

*, ** ; Significativo al 5 y 1% respectivamente
 N.S. = No significativo.