

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Facultad de Agronomía

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE 15 CULTIVARES DE
FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris* L.) EN CUATRO LOCALIDADES
PARA EL SURORIENTE DE GUATEMALA.

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

JOSE RAFAEL BERGANZA Y BERGANZA

Al conferírsele el título de

Ingeniero Agrónomo

En el grado de

Licenciado en Ciencias Agrícolas

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL

Guatemala, Mayo de 1980.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

01

T(427)

c 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector

Licenciado Saúl Osorio Paz

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano :	Dr. Antonio Sandoval Sagastume
Vocal 1o. :	Ing. Agr. Carlos Orlando Arjona
Vocal 2o. :	Ing. Agr. Salvador Castillo O.
Vocal 3o. :	Ing. Agr. Rudy Villatoro
Vocal 4o. :	P. Agr. Efraín Medina
Vocal 5o. :	Prof. Edgar Rivera
Secretario :	Ing. Agr. Carlos Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano en Funciones	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Examinador	Ing. Agr. Ricardo Miyares
Examinador	Lic. Luis Mejía
Examinador	Ing. Agr. Marco Antonio Nájera Caal
Secretario	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

SECTOR PUBLICO AGRICOLA
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS

5a. Av. 12-31, Zona 9 - Edificio «El Cortez», 2o. y 3er. Niveles
Teléfonos 321985 - 310581 - 67935
Guatemala, C. A.

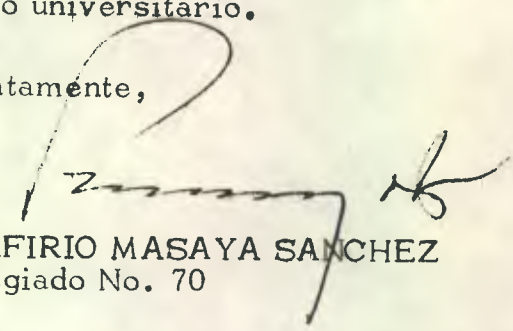
Guatemala, 29 de abril de 1980

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos
Ciudad Universitaria

Señor Decano:

En cumplimiento de la designación que esa Decanatura hiciera, he asesorado y revisado el trabajo de tesis del estudiante José Rafael Berganza y Berganza titulado "ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE 15 CULTIVARES DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) EN CUATRO LOCALIDADES DEL SURORIENTE DE GUATEMALA", el cual ha sido conducido de acuerdo con los principios de la investigación científica. Creo que el trabajo llena los requerimientos para una tesis de grado universitario.

Atentamente,



PORFIRIO MASAYA SANCHEZ
Colegiado No. 70



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal: No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Abril 28 de 1980

Referencia.....

Asunto.....

Dr. Antonio Sandoval
Decano de Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
Su despacho

Señor Decano:

Tengo el gusto de dirigirme a Ud. para hacer de su conocimiento que he asesorado al universitario Jose Rafael Berganza y Berganza, para la elaboración de su investigación de tesis de grado titulada "ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE 15 CULTIVARES DE FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris* L.), EN CUATRO LOCALIDADES DEL SURORIENTE DE GUATEMALA".

Concluida la asesoría informo al Sr. Decano que considero que dicho trabajo representa una buena contribución al mejoramiento del cultivo del frijol para el suroriente de Guatemala, por lo que solicito a Ud. sea aprobado como tesis de grado.

Atentamente,


Ing. Agr. M. SC. Oscar René Leiva
COORDINADOR (a.i.) SUBAREA DE
MEJORAMIENTO Y MANEJO DE PLANTAS

ORL/iam

c.c. archivo

Guatemala, Abril de 1980

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

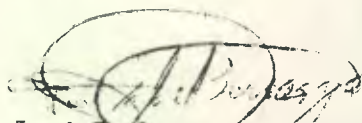
De conformidad con lo que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado:

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE 15 CULTIVARES DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) EN CUATRO LOCALIDADES DEL SURORIENTE DE GUATEMALA.

Con el propósito de llenar el último requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando vuestra aprobación.

Atentamente,



José Rafael Berganza y Berganza

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

Rafael Berganza Lemus
Trinidad B. de Berganza

A MI ESPOSA

Irma Esperanza

A MIS HIJOS

Irma Verónica
José Estuardo

A MIS HERMANOS

Oswaldo, Melvin y
Clara Antonieta

A MI CUÑADA

Irma del Carmen

A MIS SOBRINITOS

Analy de María y José Oswaldo

A MI CUÑADO

Carlos Cordero

A MIS SUEGROS

María Antonia
Francisco Cardona

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

En especial a la Familia
Aguilar Lázaró

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION
Y TRABAJO, ESPECIALMENTE A
LOS INGENIEROS AGRONOMOS

Leonel Ortiz M, Hugo Rolando
Rodríguez, Baldemar Portillo,
Luis Molina Castellan, Diego
Fión Lizama, Oscar René
Tobar M. y Guillermo Rivera

AGRADECIMIENTO

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento a las personas y entidades que colaboraron a la realización del presente trabajo de tesis.

Dr. Porfirio N. Masaya Sánchez

Ing. Agr. Oscar R. Leiva

Ing. Agr. Gregorio J. Soto Guevara

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA.

TESIS QUE DEDICO

A mi Patria Guatemala

A mi Pueblo San Pedro Pinula

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Al Instituto Normal Centro Americano
para Varones de Jalapa

Al Instituto de Ciencia y Tecnología
Agrícolas, ICTA

Los siguientes datos fueron recabados mediante la utilización de recursos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA. Los resultados son propiedad de dicho Instituto y se publican con la debida autorización.

CONTENIDO

	Hoja
1. INTRODUCCION.	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Descripción de la planta	3
2.2 Clasificación botánica	4
2.3 Situación del cultivo del frijol en la región	4
2.4 Importancia de analizar la estabilidad	6
2.5 Modelos estadísticos para analizar la estabilidad	7
2.6 Estudios sobre parámetros de estabilidad	9
3. MATERIALES Y METODOS	11
3.1 Sitios experimentales	12
3.2 Manejo del experimento	12
3.3 Diseños experimentales.	13
3.4 Descripción de la región	17
3.5 Precipitación pluvial durante el año	18
4. RESULTADOS	19
4.1 Análisis de rendimiento	19
4.2 Análisis combinado	19
4.3 Comparación múltiple de medias	27
4.4 Análisis de estabilidad	28
4.5 Características agronómicas	30
5. DISCUSION DE RESULTADOS.	31
5.1 Análisis de varianza	30
5.2 Análisis combinado	31
5.3 Comparación múltiple de medias	31
5.4 Análisis de estabilidad.	32
5.5 Características agronómicas.	32
6. CONCLUSIONES.	33
7. RECOMENDACIONES	34
8. BIBLIOGRAFIA	35

1. INTRODUCCION

El cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris) es para Guatemala y la mayor parte del área centroamericana, el segundo en importancia en lo que respecta a granos básicos. Forma parte de la alimentación de la población guatemalteca constituyéndose también en una fuente de proteína vegetal de gran aceptación en nuestro medio, pues difícilmente se logra a través de otros cultivos con la misma facilidad como se logra en el cultivo del frijol.

Este sigue ampliamente cultivado en Guatemala. En 1976 se le dedicó un total de 84,900 hectáreas a dicho cultivo y se obtuvo un rendimiento promedio de 0.70 toneladas métricas por hectárea (8). El bajo rendimiento por unidad de área se le puede atribuir a varios factores como son: mala distribución de las lluvias, uso limitado de variedades mejoradas, prácticas culturales e incidencias de plagas y enfermedades.

En la región suroriental del país, la mayoría de las variedades que se siembran son variedades criollas con un rendimiento muy bajo, sin embargo las variedades mejoradas son usadas por un número de agricultores cada vez mayor y en consecuencia la superficie sembrada con estos materiales aumenta cada año.

Por otra parte, esta región presenta una gran diversidad de condiciones ambientales que son consecuencia de la topografía accidentada, variaciones en altitud, tipo de suelos, temperatura, precipitación pluvial mal distribuida.

La diversidad de ambientes en áreas tan reducidas, asociada al empleo de variedades criollas, son factores importantes al pensar en elevar la producción por unidad de área en este cultivo.

Esto aunado a otras limitaciones causada por la tecnología empleada por el agricultor, incide en los rendimientos que se obtienen en la región.

Es importante conocer la influencia que ejerce el medio ambiente en el desarrollo de características deseables en el mejoramiento de plantas, y el uso de variedades mejoradas con un amplio rango de adaptabilidad es uno de los objetivos del programa de fitomejoramiento.

Camacho (1) señala por ejemplo que la contribución del medio ambiente a la expresión fenotípica de un carácter requiere cuidadosa atención de parte de investigadores dedicados al mejoramiento de plantas, ya que "cuando la contribución ambiental representa una proporción considerable del valor fenotípico el efecto de la selección se reduce y el progreso del mejoramiento resulta lento"; bajo estas circunstancias individuos que exhiben características promisorias en determinado ambiente pueden resultar inadecuados en un ambiente diferente.

OBJETIVO

Determinar el grado de estabilidad de 15 genotipos evaluados en cuatro ambientes a través de varios parámetros.

HIPOTESIS

Las variedades estudiadas en el presente trabajo responderán en forma diferente a los distintos niveles ambientales.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 DESCRIPCION DE LA PLANTA

Molina Letona (9) hace una descripción de la planta en la forma siguiente: el frijol es una especie anual, originaria de América Central, el sur de México y Sur América, en estos lugares se cultiva desde épocas precolombinas. Hoy en día se encuentran especies silvestres en ciertos lugares de Sur América, el frijol es sin duda la especie más importante del género *Phaseolus*. Es una planta anual con un sistema radical bien desarrollado, compuesto de una raíz principal y muchas raíces secundarias ramificadas en la parte superior cercana a la superficie del suelo. Los tallos son débiles angulosos de sección cuadrangular y de altura muy variable.

El porte de las plantas está determinado por la forma y posición de los tallos; si el tallo principal presenta una inflorescencia terminal el crecimiento de éste se detiene rápidamente (crecimiento determinado) las plantas son enanas y erectas. Si el tallo no produce esta inflorescencia aparecen las mismas axilas y la planta será guiadora o trepadora (crecimiento indeterminado).

Las inflorescencias ya en racimos terminales o axilares tienen pedúnculos erguidos y algo vellosos, cada pedúnculo lleva numerosas flores. El número de flores puede ser de unas pocas hasta 30 o más; las hojas son alternas, compuestas de tres folíolos con los extremos acuminados, los frutos o vainas son de tamaño variado, éstas pueden medir de 6 a 22 centímetros de largo. La textura de las vainas es variado de-

pendiendo de la presencia de ciertos tejidos fibrosos que se llaman corrientemente hebra (9).

Las semillas son reniformes, oblongas, ovales o subglobales, de pesos y colores muy variados.

2.2 CLASIFICACION BOTANICA

Molina (9) hace la siguiente clasificación botánica para la planta de frijol.

Reino	Vegetal
División	Embriofita Sifonogama
Sub-división	Angiospermas
Clase	Dicotiledoneas
Orden	Rosales
Sub-orden	Rosíneas
Familia	Leguminosas
Sub-familia	Papilionáceas
Género	Phaseolus
Especie	Vulgaris L. (Frijol común) P. Coccineus L. (Frijol Ayocote) P. Lunatus L. (Frijol Lima) P. Acutifolius gray (Frijol Tepary)

La especie más importante desde el punto de vista agrícola es el *Phaseolus vulgaris* L.

2.3 SITUACION DEL CULTIVO DEL FRIJOL EN LA REGION

A pesar de la importancia del frijol en la dieta del guatemalteco, la producción ha disminuido en los últimos años,

situación que se contrapone a la alta tasa del 3.2 porciento anual con que nuestra población ha venido creciendo en los últimos años. Parte de Guatemala cuenta con áreas adecuadas para buenas cosechas, tal es el caso de las zonas centrales (Chimaltenango), suroriental (Jutiapa, Santa Rosa, Jalapa y Chiquimula), que en conjunto producen el 66% de la producción nacional y especialmente esta última zona la cual produce el 54.5% de la producción nacional (8).

Existen además zonas productoras (Petén, Izabal y la costa sur), que comienzan a ser aprovechadas con ese fin.

Como ya se señaló anteriormente, la producción nacional del frijol en lugar de aumentar ha tendido a disminuir como se observa en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Producción anual nacional de frijol negro y hectareaaje sembrado. Análisis de varios años

AÑO	PRODUCCION (Miles de T.M.)	HECTAREAJE SEMBRADO (Miles de Has)	RENDIMIENTO T.M./Ha
1969-70	62.5	151.7	0.43
1970-71	64.8	91.3	0.68
1971-72	65.3	78.5	0.83
1972-73	58.6	92.2	0.71
1973-74	72.8	102.9	0.57
1974-75	59.3	113.3	0.64
1975-76	64.6	84.9	0.70

Fuente: Revista Agronomía No. 10 del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Guatemala, 1978.

Al analizar el cuadro anterior podemos deducir que la poca ganancia en rendimiento lograda en el período 1971-72, se perdió en 1972-73. En el período 1973-74 hubo un nuevo incremento pero luego en 1974-75 el descenso fue más dramático. Al analizar el hectareaje sembrado se explica el porqué de los altibajos de la producción. Se observa que el área sembrada con frijol ha tendido a disminuir.

Esto último es muy notorio en el suroriente del país, pues los valles que antes se plantaban con frijol, ahora son plantados con tabaco en la mayoría de los casos o algunas veces con hortalizas (tomate, cebolla).

2.4 IMPORTANCIA DE ANALIZAR LA ESTABILIDAD

Es importante en trabajos de fitomejoramiento conocer la influencia que ejerce el medio ambiente en el comportamiento de variedades seleccionadas y mejoradas para determinar su estabilidad y adaptabilidad ecológica. Investigadores como Camacho (1968) citado por Salguero (11), quien menciona que la contribución del ambiente a la expresión fenotípica de un carácter, es un factor que requiere cuidadosa atención de parte del investigador dedicado al mejoramiento de plantas cultivadas, pues cuando la contribución del medio ambiente representa una proporción considerable del valor fenotípico, 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.

En relación a lo antes dicho Córdova (1957) (3) considera que si el medio ambiente ejerciera poca influencia sobre el

comportamiento de las variedades evaluadas, no sería necesario conducir experimentos en varias localidades o años; un solo ambiente proveería la información adecuada del rango de adaptación de variedades para conducir el comportamiento de los diferentes genotipos a diversos medios ambientes. Muchos investigadores han desarrollado modelos estadísticos que permiten analizar la estabilidad y adaptabilidad de dichos genotipos, como se verá a continuación.

2.5 MODELOS ESTADÍSTICOS PARA ANALIZAR LA ESTABILIDAD

Muchos investigadores han propuesto métodos estadísticos para analizar la estabilidad de variedades. Plaisted y Peterson (1959) citados por Camacho (1), propusieron dos métodos: uno de ellos consiste en analizar las variedades por pares para estimar el comportamiento de interacción en cada una de todas las combinaciones posibles de pares; el promedio de estos estimativos permite determinar la estabilidad relativa de cada una de las variedades restantes; a mayor magnitud del comportamiento estimado, corresponde una mayor estabilidad de la variedad omitida.

Finlay y Wilkison (1963) citado por Camacho (1) usaron el análisis de regresión para estudiar la adaptabilidad de una colección de 8 variedades de cebada. Con este método de adaptabilidad se mide según el valor del coeficiente de regresión, que relaciona el rendimiento de cada variedad con el promedio de todas las variedades en todos los ambientes.

Un método similar al anterior fue usado por Eberhart y Russell (1966) citado por Córdova (3) para investigar la estabilidad de diferentes cruzamientos simples y triples de maíz, estos autores establecieron un modelo estadístico que permite estimar no sólo el coeficiente de regresión, sino la varianza debida a las desviaciones del modelo lineal la cual constituye otro parámetro de estabilidad.

El modelo define los parámetros de estabilidad que pueden ser usados para describir el comportamiento de una variedad sobre una serie de ambientes.

Dicho modelo es el siguiente:

$$Y_{ij} = u_i + B_i + I_j + D_{ij}$$

en donde:

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

u_i = La media de la i -ésima variedad a través de todos los ambientes.

B_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad a los diferentes ambientes.

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

D_{ij} = La desviación de regresión del i -ésimo ambiente.

Ran et al, citados por Córdova 1975 (3) proponen una modificación al método propuesto por Eberhart y Russell, la

cual esencialmente consiste en sustituir la respuesta varietal promedio por índice genotípico que se obtiene como la desviación de la media varietal con respecto a la media general para todos los ambientes.

Márquez (1973) citado por Salguero (11) estudió la relación entre la interacción genotipo-ambiente y los parámetros de estabilidad representando en forma gráfica modelos con interacción genotipo-ambiente y sin ella.

Para una variedad sembrada en varios ambientes el modelo sin interacción es representado con una línea de regresión de valores fenotípicos sobre índices ambientales con una pendiente igual a uno y sin desviaciones de regresión; en el modelo con interacción ninguna de esas condiciones se cumplen.

El término de interacción, continúa el mismo autor, es la desviación de los valores fenotípicos actuales de la línea de regresión con una pendiente igual a 1 y un segmento de la desviación de los valores fenotípicos de la línea de regresión ajustadas con una pendiente diferente de 1.

Una variedad estable es aquella que no interacciona con los ambientes o que tienen una misma interacción.

Robbertse (1974) citado por Salguero (11) menciona también el método basado en la línea de regresión para poder predecir la adaptación de diferentes variedades de maíz.

2.6 ESTUDIOS SOBRE PARAMETROS DE ESTABILIDAD

Muchos fitomejoradores le han dedicado atención al efecto que el medio ambiente pueda ejercer sobre la estructura fenotípica de individuos y poblaciones de plantas cultivadas.

Camacho (1) cita a Sprague y Federer (1951) quienes obtuvieron estimativos del componente de interacción en experimentos con maíz y lo usaron en el cómputo de avance genético bajo diferentes combinaciones del ambiente. De sus estudios concluyeron que una situación óptima podría obtenerse usando una replicación por localidad y aumentando el número de localidades y de años para probar los materiales seleccionados.

3. MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron 15 variedades de frijol cuyo origen genético se describe en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Origen genético de las líneas que se estudiaron en 1978 en las localidades de Monjas, Jutiapa, Atescatempa y Jalpatagua.

Materiales	Método de Selección	Progenitores
Línea 78-17	Selección pedigree-masal	Jamapa x Rabia de Gato
Línea 78-18	" "	" "
Línea 78-19	" "	" "
Línea 78-20	" "	" "
Línea 78-21	" "	Porriño 70 x Rabia de Gato
Línea 78-22	" "	" "
Línea 78-23	" "	P006 x Rabia de Gato
Línea 78-24	" "	" "
Línea 78-25	" "	" "
Línea 78-26	" "	" "
Línea 78-27	" "	" "
Línea 78-28	" "	Suchitán x Rabia de Gato
P006	Material procedente de CIAT de Colombia	
Rabia de Gato	Material Criollo Precoz	
Suchitán	Material seleccionado por ICTA en un cultivar introducido del CIAT de Colombia	

Fuente: Programa de Frijol, ICTA

3.1 SITIOS EXPERIMENTALES

Se evaluó el rendimiento y estabilidad de los 15 materiales mediante el desarrollo del ensayo sembrado en distintas zonas de la región suroriental. Los sitios experimentales donde se llevó el presente estudio fueron: Monjas, Jutiapa, Atescatempa y Jalpatagua. Se utilizaron la variedad ICTA B-5 de maíz para Monjas y Jutiapa que es precoz y de porte bajo. Y para Atescatempa y Jalpatagua, se usó la variedad ICTA B-1 que es precoz y de porte bajo.

3.2 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Preparación del terreno: se hizo una pasada de rastra en cada localidad, la siembra se efectuó al fondo del surco, separados por 0.50 metros entre surcos y cada postura de una sola semilla a 7,5 centímetros entre sí, dando una densidad de población de 266,666 plantas por hectárea.

Fertilización: Se usaron 60 y 60 kilogramos de nitrógeno y P_2O_5 a la siembra y 20 a 21 días después se aplicó 20 kilogramos más de nitrógeno.

Control de Malas Hierbas y Plagas: se efectuó un deshierbe 15 días después de la siembra y otro a los 25 días después de la siembra, en primera se utilizó volatón granulado como insecticida y en segunda se utilizó carbofurano 5 G. En primera la parcela neta a cosechar fue de cuatro surcos centrales de cinco metros de largo, 10 metros cuadrados, dejando 0.50 metros de bordes longitudinales.

3.3 DISEÑOS EXPERIMENTALES

Las 15 variedades de frijol se evaluaron en primera utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones.

El modelo del diseño bajo el cual se efectuó el análisis de varianza es el siguiente:

$$X_{ij} = u + V_i + R_j + E_{ij}$$

de donde:

$i = 1, 2 \dots \dots \dots v$ = Variedades
 $j = 1, 2 \dots \dots \dots r$ = Repeticiones

X_{ij} = Valor del carácter estudiado en la prueba con la i -ésima variedad en la j -ésima repetición.

u = Media general del carácter.

V_i = Efecto de la i -ésima variedad.

R_j = Efecto de la j -ésima repetición.

E_{ij} = Efectos aleatorios asociados a la ij -ésima observación.

En el cuadro siguiente aparece el esquema del análisis de varianza apropiada para bloques al azar y donde cada bloque contiene V variedades.

CUADRO 3.

Fuente de Variación	G. L.
Repeticiones	3
Tratamientos	14
Error	43
Total	59

La metodología a utilizarse para evaluar la estabilidad de los diferentes materiales probados en este estudio fue la siguiente:

1. Mediante el análisis combinado de varianza según es descrito por Cochran y Cox (4); y
2. Mediante análisis de regresión.

CUADRO 4. Análisis de varianza utilizado para la estimación de los parámetros de estabilidad.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	C.M.
Total	$N v - 1$		
Variedades (V)	$V - 1$		
Ambiente (A)	$n - 1$	$V (n-1)$	
Vars. x Amb.	$(V-1) (n-1)$		
Ambiente (lineal)	1		
Vars. x Amb. (lineal)	$V-1$		
Desv. Ponderadas	$V (n-2)$		
Variedad 1	$n-2$		
Variedad V	$n-2$		
Error Ponderado	$n(r-1) (V-1)$		

Parámetros de Estabilidad

Con el objeto de estimar el efecto ambiental sobre los rendimientos de los materiales experimentales se estimaron los parámetros de estabilidad aplicando el modelo estadístico propuesto por Eberhart y Russell a las medias de rendimiento de los diferentes materiales experimentales. Cada sitio experimental se consideró como un ambiente.

El modelo antes mencionado es el siguiente:

$$Y_{ij} = U_i + B_i I_j + j + S_{ij}$$

En donde:

- Y_{ij} = Es la media del carácter de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente ($i = 1, 2, \dots, v$; $j = 1, 2, \dots, n$).
- U_i = La media de la i -ésima variedad a través de todos los ambientes.
- B_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la variedad i en varios ambientes.
- I_j = Índice ambiental obtenido como el promedio de todas la variedades j -ésimo ambiente menos la media general.
- S_{ij} = Desviaciones de regresión de la variedad i en el ambiente j mediante este modelo se divide la interacción genotipo por ambiente en dos partes:
- La variación debida a la respuesta del material experimental a los diferentes índices ambientales (suma de cuadrados de regresión).
 - Las desviaciones inexplicables de la regresión sobre los índices ambientales.

CUADRO 5. Interpretación de los parámetros de estabilidad según Carballo y Máquez.

Coeficiente de Regresión	Desviaciones de Regresión	Descripción de la Variedad
$B_j =$	$S^2_{di} = 0$	Variedad estable.
$B_i =$	$S^2_{di} = 0$	Buena respuesta en todos los ambientes en forma consistente.
$B_i < 1$	$S^2_{di} = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables en forma consistente.
$B_i = 1$	$S^2_{di} = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables en forma inconsistente.
$B_i > 1$	$S^2_{di} = 0$	Respuesta mejor en ambientes favorables en forma consistente.
$B_i > 1$	$S^2_{di} = 0$	Respuesta mejor en ambientes favorables en forma inconsistente.

3.4 DESCRIPCION DE LA REGION

La región suroriental de Guatemala está clasificada como zona sub-tropical seca, entre los 14° longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

La topografía por lo general es bastante irregular con alturas que van desde los 600 a 1200 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media anual en los últimos años ha sido de 26°C, con una humedad relativa media anual de 75% durante los meses comprendidos de mayo a octubre, la precipitación promedio anual ha sido de 1,117 milímetros.

Los suelos están desarrollados sobre ceniza volcánica a elevaciones medianas; son poco profundos, la textura del suelo es franca y franca arcillosa hasta profundidades de 26 centímetros.

Las series más extensas en la región son Suchitán, Mita y Culma, son altamente o grandemente susceptibles a la erosión y su uso potencial es para cultivos anuales o perennes.

Dentro de la región las localidades bajo estudio fueron: Monjas que se localiza a 961 metros sobre el nivel del mar, situada 14°30'20" latitud Norte y 89°52'30" longitud Oeste, Jutiapa que está 895 metros sobre el nivel del mar a 14°17'30" latitud Norte y 89°53'50" longitud Oeste, Atescatempa a 620 metros sobre el nivel del mar a 14°10'30" latitud Norte y 89°44'30" longitud Oeste; Jalpatagua que se localiza a 557 metros sobre el nivel del mar, a 14°08'00" longitud Norte y 90°00'35" longitud Oeste.

3.5 PRECIPITACION PLUVIAL DURANTE EL AÑO

En términos generales el promedio de lluvias para toda la región fue aproximadamente de 1,100 milímetros lo cual es indicativo de una mayor cantidad de lluvias, a lo que se agrega su mejor distribución durante el año (9).

La precipitación para cada localidad en donde se realizó el estudio puede verse en el cuadro siguiente:

CUADRO 6. Precipitación en la región suroriental durante 1978 en mm anuales.

Localidad	Precipitación mm
Jalpatagua	1,304
Atescatempa	1,309
Monjas	990
Jutiapa	1,038
Promedio de la región	1,100

Fuente: Registros de precipitación tomados por el Equipo de Prueba de Tecnología del ICTA, en la región suroriente en 1978.

4. RESULTADOS

4.1 ANALISIS DE RENDIMIENTO

Con base en los resultados obtenidos en cada uno de los cuatro ensayos uniformes, se calcularon los rendimientos promedio de los 15 materiales experimentales de frijol para cada localidad, los cuales se presentan en el Cuadro 7.

CUADRO 7. Rendimientos promedio de 15 materiales experimentales de frijol en cuatro localidades del suroriente de Guatemala, expresados en kilogramos por hectárea

Materiales	----- Localidades -----			
	Monjas	Jutiapa	Atescatempa	Jalpatagua
Línea 78-17	1502	1918	594	1160
Línea 78-18	1816	1862	393	1151
Línea 78-19	1282	1865	606	985
Línea 78-20	1397	1961	614	799
Línea 78-21	1626	1816	710	976
Línea 78-22	1482	1989	832	1077
Línea 78-23	1559	2165	652	1223
Línea 78-24	1537	2330	698	1113
Línea 78-25	1343	1765	569	1064
Línea 78-26	1541	2610	780	1414
Línea 78-27	1629	1972	778	1147
Línea 78-28	1607	1624	637	1054
Suchitán	1258	1461	712	848
P006	1622	1725	982	1190
Rabia de Gato	1621	1598	608	1279

El Cuadro 8, resume los resultados del análisis de varianza para las cuatro localidades en estudio, presentando los distintos valores para F para los tratamientos y sus coeficientes de variación. En las cuatro localidades hubo diferencia significativa entre materiales (variedades) al 5% de probabilidad. Es importante resaltar que en tres de las localidades hubo diferencia altamente significativa.

CUADRO 8. Valor de F para tratamientos y coeficientes de variación en la evaluación de 15 materiales de frijol en cuatro localidades del suroriente de Guatemala, 1978

Localidad	Valor de F	Coeficiente de Variación
Monjas	1.92 *	14.2
Jutiapa	2.55 **	14.75
Atescatempa	5.11 **	17.73
Jalpatagua	5.23 **	12.5

La hipótesis nula de que no hay diferencia significativa de rendimiento de los 15 materiales experimentales fue rechazada en las cuatro localidades, por lo que se procedió a efectuar la comparación de medias.

En los Cuadros 9, 10, 11 y 12 se presentan las medias de rendimiento de los 15 materiales experimentales evaluados en cada una de las localidades de prueba.

En la localidad de Monjas el material más rendidor y estadísticamente superior fue la Línea 78-18, superando al testigo (Rabia de Gato) en un 12% de rendimiento.

Es de hacer notar que la variedad mejorada Suchitán mostró el rendimiento más bajo como se puede ver en el cuadro 9.

CUADRO 9. Medias de rendimiento para el total de tratamientos evaluados en la localidad de Monjas, 1978

Orden de los Tratamientos	Identificación de Materiales	Promedio Kg/ha	Duncan 5%	% en Relación al Testigo
1	Línea 78-18	1816	]	112
2	Línea 78-27	1629		100
3	Línea 78-21	1626		100
4	P006	1622		100
5	Rabia de Gato	1621		100
6	Línea 78-28	1607	]	99
7	Línea 78-23	1559		96
8	Línea 78-26	1548		95
9	Línea 78-24	1537	]	94
10	Línea 78-17	1502		92
11	Línea 78-22	1482	]	91
12	Línea 78-20	1397		86
13	Línea 78-25	1343	]	82
14	Línea 78-19	1282		79
15	Suchitán	1228	]	75

En el cuadro 10 se presentan los resultados de Jutiapa, en donde la Línea 78-24 mostró el mayor rendimiento en esa localidad. El rendimiento de las Líneas 78-26 y 78-23, no mostraron diferencia significativa con la Línea 78-24. La Línea 78-24 superó al testigo (Rabia de Gato), en un 39%. Nuevamente podemos observar que la variedad mejorada Suchitán, produjo el rendimiento más bajo.

CUADRO 10. Medias de rendimiento para el total de tratamientos evaluados en la localidad de Jutiapa, ciclo de primera, 1978

Orden de los Tratamientos	Identificación de Materiales	Promedio Kg/ha	Duncan 5%	% en Relación al Testigo
1	Línea 78-24	2230	]	139
2	Línea 78-26	2190		137
3	Línea 78-23	2165		135
4	Línea 78-22	1989	]	124
5	Línea 78-27	1972		123
6	Línea 78-20	1969		123
7	Línea 78-17	1918	]	120
8	Línea 78-19	1865		116
9	Línea 78-18	1863		116
10	Línea 78-21	1816	]	113
11	Línea 78-25	1765		110
12	P006	1725		107
13	Línea 78-28	1624	]	101
14	Rabia de Gato	1598		100
15	Suchitán	1469		91

En la localidad de Atescatempa el material P006 fue el material estadísticamente superior a todos, superando al testigo (Rabia de Gato) en un 61%, es de hacer notar que la Línea 78-18 fue la que obtuvo el rendimiento más bajo, como puede apreciarse en el cuadro 11.

CUADRO 11. Medias de Rendimiento para el total de tratamientos evaluados en la localidad de Atescatempa, ciclo de primera, 1978.

Orden de los Tratamientos	Identificación de Materiales	Promedio Kg/ha	Duncan 5%	% en Relación al Testigo
1	P006	982]		161
2	Línea 78-22	832]		136
3	Línea 78-26	780]		128
4	Línea 78-27	778]		127
5	Suchitán	712]		117
6	Línea 78-24	710]		116
7	Línea 78-21	698]		107
8	Línea 78-23	652]		104
9	Línea 78-28	637]		104
10	Línea 78-20	614]		100
11	Rabia de Gato	608]		100
12	Línea 78-19	606]		99
13	Línea 78-25	569]		93
14	Línea 78-17	549]		90
15	Línea 78-18	398]		65

En la localidad de Jalpatagua la Línea 78-26 fue estadísticamente superior a todas, superando al testigo (Rabia de Gato), en un 11%. Es de hacer notar que todos los materiales, a excepción de la Línea 78-26 rindieron menos en relación al testigo, tal como se muestra en el cuadro 12.

CUADRO 12. Medias de rendimiento para el total de tratamientos evaluados en la localidad de Jalpatagua, ciclo de primera, 1978

Orden de los Tratamientos	Identificación de Materiales	Promedio Kg/ha	Duncan 5%	% en Relación al Testigo
1	Línea 78-26	1414]		110
2	Rabia de Gato	1279]		100
3	Línea 78-23	1223]		95
4	P006	1190]		93
5	Línea 78-17	1160]		90
6	Línea 78-18	1151]		89
7	Línea 78-27	1147]		89
8	Línea 78-24	1113]		87
9	Línea 78-22	1077]		84
10	Línea 78-25	1064]		83
11	Línea 78-28	1054]		82
12	Línea 78-19	985]		77
13	Línea 78-21	976]		76
14	Suchitán	848]		66
15	Línea 78-20	799]		62

De los análisis anteriores podemos concluir que hay una gran variabilidad entre los cuatro sitios experimentales que favorecen a uno u otro material evaluado, por ello se procedió a realizar el análisis combinado para determinar cuál es el material experimental que en forma conjunta es el más rendidor.

El análisis combinado de rendimiento mostró diferencias altamente significativas para todos los componentes de variación. Las fuentes de variación de mayor interés en el análisis son: variedades y la interacción entre variedades por localidad. Las dos mostraron diferencias altamente significativas, como puede verse en el cuadro 13.

CUADRO 13. Análisis combinado para 15 materiales evaluados en cuatro localidades del suroriente de Guatemala, ciclo de primera, 1978

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	--- F. T. ---	
					5%	1%
Total	239	63.8704				
Localidades	3	48.555	16.185	376.39	2.66	3.90 **
Rep. x Loc.	12	50.02	4.17	96.98	1.81	2.29 **
Variedades	14	2.45	0.175	4.069	1.75	2.18 **
Var. x Loc.	42	4.165	0.099	2.30	1.45	1.60 **
ERROR	168	7.235	0.043			

CUADRO 14. Medias de rendimiento para el total de tratamientos evaluados en cuatro localidades del suroriente de Guatemala, 1978

Tratamientos	Media Tn/ha	Duncan 5%	% en Relación al Testigo
Línea 78-26	1.48	]	115
Línea 78-23	1.40		109
Línea 78-24	1.39		109
Línea 78-27	1.38		108
P006	1.38		108
Línea 78-22	1.35		105
Línea 78-18	1.31	]	102
Línea 78-21	1.28		100
Rabia de Gato	1.28		100
Línea 78-25	1.25	]	98
Línea 78-28	1.23		98
Línea 78-20	1.19	]	93
Línea 78-19	1.18		93
Suchitán	1.07		84

De acuerdo con el análisis conjunto se puede clasificar a las Líneas 78-26, 78-23, 78-24, 78-27, P006 y 78-22 en primer lugar con rendimientos estadísticamente iguales. Todas estas líneas superaron estadísticamente a la variedad criolla Rabia de Gato y al testigo mejorado Suchitán.

CUADRO 15. Análisis de varianza para estabilidad de 15 materiales experimentales en 4 ambientes en el suroriente de Guatemala, ciclo de primera, 1978

F. de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	SDi ²	Bi
TOTAL	59	13.60				
VARIEDADES	14	.76	.054	1.80	n.s	
AMBIENTES	45	11.40				
VAR. x AMB.	42					
AMB. (Lineal)	1	0.06				
VAR. x AMB. (Lineal)	14	10.497	.75	25	**	
DESV. PONDERADAS	30	0.843	.03	.5	0.03	1.09
VARIEDADES 1	2	.10	.05	.83	0.01	1.24
2	2	.26	.13	2.17	0.07	.97
3	2	.13	.07	1.17	0.01	1.15
4	2	.13	.07	1.17	0.01	.97
5	2	.11	.06	1.	0.00	.88
6	2	.13	.07	1.17	0.01	1.20
7	2	.10	.05	.83	0.01	1.08
8	2	.40	.20	3.33	0.14	.88
9	2	.15	.08	1.33	0.02	1.04
10	2	.4	.20	3.33	0.34	.97
11	2	.10	.05	.83	0.04	.84
12	2	.14	.07	1.17	0.08	.65
13	2	.06	.03	.5	0.00	.22
14	2	.12	.06	1.	0.06	.80
15	2	.16	.08	1.33	0.10	
ERROR PONDERADO:	168		0.06	1.	0.00	

Del análisis de estabilidad podemos apreciar en el cuadro 16 que todos los materiales presentan la condición de estabilidad, es decir: $B = 1 \text{ } \dot{S}^2\text{Di} = 0$, a excepción de las Líneas 78-25, 78-27, Suchitán y P006.

Es importante hacer resaltar que la Línea 78-26 que fue la más rendidora a través de todas las localidades, fue estable, lo que la hace un material deseable.

CUADRO 16. Parámetros de estabilidad de 15 materiales experimentales de frijol, evaluados en cuatro localidades del sur-oriente de Guatemala, ciclo de primera, 1978

Material Experimental	Bi	$S^2\text{Di}$
Línea 78-17	1.09 N.S.	0.03 N.S.
Línea 78-18	1.24 N.S.	0.01 N.S.
Línea 78-19	.97 N.S.	0.01 N.S.
Línea 78-20	1.51 N.S.	0.07 N.S.
Línea 78-21	.97 N.S.	0.01 N.S.
Línea 78-22	.88 N.S.	0.00 N.S.
Línea 78-23	1.20 N.S.	0.01 N.S.
Línea 78-24	1.15 N.S.	0.01 N.S.
Línea 78-25	.88 N.S.	0.14 *
Línea 78-26	1.04 N.S.	0.02 N.S.
Línea 78-27	.97 N.S.	0.34 *
Línea 78-28	.84 N.S.	0.04 N.S.
Suchitán	.65 *	0.00 N.S.
P006	.22 *	0.06 N.S.
Rabia de Gato	.80 N.S.	0.10 N.S.

N.S. = No Significativo.

* = B = Significativamente diferente de 1.

SDi = Significativamente mayor que 0.

En el cuadro 17 se anotan las características "de Días a Floración" y "Días a Madurez Fisiológica" de los materiales utilizados, observando que los materiales que florecen primero también son los primeros en madurar.

CUADRO 17. Características agronómicas de 15 cultivares de frijol en cuatro localidades del suroriente de Guatemala, ciclo de primera, 1978

Material Experimental	Días a Flor	Días a Madurez Fisiológica
Rabia de Gato	28	57
P006	38	72
Suchitán	36	72
Línea 78-28	31	65
Línea 78-27	30	64
Línea 78-26	30	64
Línea 78-25	35	63
Línea 78-24	33	67
Línea 78-23	31	65
Línea 78-22	31	66
Línea 78-21	30	62
Línea 78-20	30	64
Línea 78-19	29	63
Línea 78-18	28	60
Línea 78-17	29	62

5. DISCUSION DE RESULTADOS

La hipótesis nula de que no hay diferencia estadística en rendimiento entre los materiales en estudio fue rechazada (ver cuadro 8); en los cuatro ambientes hay diferencias altamente significativas. Por otro lado los coeficientes de variación son bajos por lo cual nos da confiabilidad en la investigación realizada.

El análisis de Varianza Combinado para los cuatro ambientes, nos corroboró de que hay diferencias altamente significativas entre los materiales evaluados. Además otras fuentes como localidades y la interacción Variedades x Localidades también fueron altamente significativas (ver cuadro 13), esto indica que los materiales fueron expuestos a diferentes condiciones ambientales y que la selección de materiales que se realice, a partir de dicho análisis es confiable. De hecho en el análisis de medias para cada uno de los ambientes (ver cuadros 9, 10, 11 y 12) se ve que los materiales y el medio ambiente interaccionaron, ya que no hay un material que mantenga su posición en cuanto a su rendimiento. La comparación múltiple de medias (Duncan 5%) de las cuatro localidades (ver cuadro 14), indica que hubo seis materiales más rendidores y estadísticamente de igual rendimiento. Estos son las Líneas: 78-26, 78-23, 78-24, 78-27, 78-22 y la Línea P006. Sus rendimientos fluctúan entre 1.48 y 1.35 Tn/ha. Rendimientos que en el suroriente de Guatemala se consideran buenos, pues oscilan entre 20 y 22 quintales por manzana y el promedio de la región es de 9 quintales por manzana (5). Debe resaltarse el hecho de que estos rendimientos corresponden a siembra asociada y/o intercalada con maíz.

Por otra parte estos materiales superaron al testigo mejorado (Suchitán) en valores que oscilan entre 16 y 31%. Esta variedad se considera una de las mejores de la zona.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

En el análisis realizado a excepción de las Líneas 78-25, 78-27, y la variedad Suchitán testigo mejorado y P006, todos los materiales se comportaron en forma estable. Los materiales más rendidores y a la vez estables son las Líneas 78-24, 78-22, 78-23 y 78-26. La Línea 78-26 fue la del mayor rendimiento a través de las cuatro localidades, y el análisis de estabilidad la clasificó como un material estable ($B_i = 1$ y $S^2D_i = 0$), por lo que se considera un material deseable (2).

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Un material a menos tiempo de floración y a madurez fisiológica, representa un material mejor para los agricultores, ya que tendría menos problemas con la precipitación fluctuante del sur-oriente de Guatemala (6).

Al realizar análisis de regresión entre día flor y madurez fisiológica se llega a determinar la alta correlación que existe entre dichas variables ($B = 1.118$); lo cual nos clasifica a los materiales en precoces, intermedios y tardíos. La Línea 78-26, material deseable, es a la vez precoz; por lo que viene a ser triplemente ventajoso para los agricultores, rendidor, estable y precoz.

6. CONCLUSIONES

1. Los materiales en los cuales fueron realizados los experimentos afectaron en forma diferente a los materiales, ya que la diferencia entre localidades fue altamente significativa, esto da confiabilidad ya que los mismos fueron expuestos a condiciones climáticas diferentes.
2. La Línea 78-26, fue el mejor material y se presenta la mejor alternativa para la región, ya que la misma obtuvo el más alto rendimiento, es estable y además precoz.

7. RECOMENDACIONES

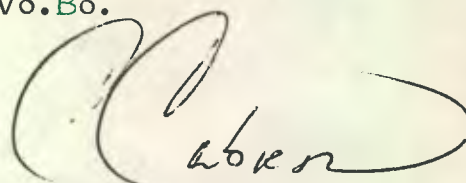
1. Se recomienda sembrar la Línea 78-26, en el mayor número de fincas con agricultores para corroborar las bondades de dicho material.

8. BIBLIOGRAFIA

1. CAMACHO, L.H. Estabilidad y adaptabilidad de líneas homocigotas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) y su implicación en la selección por rendimiento. Revista ICA (Colombia) No. 3:165-178. 1968.
2. CORDOVA, HUGO. Uso de parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de variedades. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 1978. 36 p.
3. CORDOVA, HUGO. Efecto del número de líneas endogámicas sobre el rendimiento y estabilidad de las líneas sintéticas derivadas en maíz (Zea mays L.) Tesis Mag. Sc. Chapingo, México, Colegio de Post-graduados, 1975. 117 p.
4. COCHRAN, G.W. y COX, G.M. Diseños experimentales. México, D.F., Editorial Trillas, 1971. pp 592-617.
5. CARDONA BARRIENTOS, DANIEL. Registros económicos de producción en maíz, frijol, sorgo y arroz. Jutiapa, Región VI. Guatemala, ICTA, 1979. sp.
6. CABALLERO A., WILFREDO. Introducción a la estadística. San José, C.R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975, 289 p.
7. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Atlas Nacional de Guatemala. Guatemala, 1972. 87 p.
8. LEIVA R., OSCAR R. El cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en Guatemala. Agronomía (Guatemala) 2(10):31-32. 1978.
9. MOLINA LETONA, C. Frijol, cómo aumentar sus rendimientos en Guatemala. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas, 1972. 60 p.
10. ORTIZ, O.L. y CARDONA, D. Informe de socioeconomía rural - Región VI. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 1978. 23 p.

11. SALGUERO N., VICTOR E. Estimación de los parámetros de estabilidad para medir el rango de adaptación de cuatro híbridos y seis variedades de maíz (Zea mays L.) en el suroriente de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Fac. de Agronomía, 1977. 84 p.

Vo.Bo.

A large, stylized handwritten signature in black ink, appearing to read 'Cabrera'.

Cristina de Cabrera
Documentalista

Imprimase:

Dr. Antonio Sandoval Sagastume
Decano

