

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS



ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DE ALGUNAS  
CARACTERISTICAS EN PLANTULAS Y  
PLANTAS ADULTAS EN FRIJOL  
(*Phaseolus vulgaris* L.)

POR

FERNANDO FRANCISCO HERNANDEZ RODRIGUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD  
DE FITOMEJORAMIENTO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

MARZO DE 1983

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR  
DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OPTAR  
AL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD  
DE FITOMEJORAMIENTO



COMITE PARTICULAR

BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.N.

ASESOR PRINCIPAL:

*R. Lakshminarayana*

DR. KURUVADI SATHYANARAYANAIAH

ASESOR:

*José Concepción Dorantes*

M.C. JOSÉ CONCEPCIÓN DORANTES DE LA ROSA

ASESOR:

*Fernando Galván Castillo*

M.C. FERNANDO GALVÁN CASTILLO

SUBDIRECTOR DE ASUNTOS DE POSTGRADO

*Jesús Torralba Elguezabal*

DR. JESÚS TORRALBA ELGUEZABAL

## DEDICATORIA

A MIS PADRES:

FERNANDO Y OFELIA

Que me dieron su apoyo cariñoso sin esperar nada a cambio.

A MI ESPOSA E HIJOS:

GUADALUPE DE LA LUZ,  
FERNANDO A.,  
MARTÍN R. Y  
MARIANA

Que supieron compartir momentos de penuria y alegría para lograr una meta más en nuestra vida.

A MIS HERMANOS:

ROSA, OFELIA,  
BLANCA,  
NORMA,  
RAMÓN Y JOSÉ

Por su confianza en mí.

AL M.C. HECTOR LÓPEZ G. Y SR. ALEJANDRO AYALA B.

Por enseñarme a querer el campo y conocer las plantas.

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

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, por darme la facilidad y apoyo de realizar una meta propuesta.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad de efectuar los estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme la beca para realizar los estudios de maestría.

A mis asesores, por su orientación y sugerencias para llevar a cabo el presente trabajo.

A mis maestros y compañeros que durante mi estancia en la UAAAN y fuera de ella me brindaron su amistad.

Al personal del Laboratorio de Genética, por su amistad.

A Irene Ayala López, por el trabajo de mecanografía.

## LISTA DE CUADROS

	PÁG.
CUADRO 1.	Medias de las características de plántula desarrolladas en cajas de Petri. . . . . 37
CUADRO 2.	Cuadrados medios de los análisis de varianza para diferentes características de plántulas en Cajas de Petri. . . . . 39
CUADRO 3.	Parámetros genéticos de las características estudiadas en Cajas de Petri. . . . . 40
CUADRO 4.	Correlaciones fenotípicas para características de plántula en cajas de Petri. . . . . 41
CUADRO 5.	Medias de las características de plántulas sembradas en cajas de "hielo seco". . . . . 42
CUADRO 6.	Cuadrados medios de los análisis de varianza para cada una de las características estudiadas en cajas de "hielo seco" . . . . . 44
CUADRO 7.	Parámetros genéticos estimados para las características de plántulas en cajas de "hielo seco" . . . . . 45
CUADRO 8.	Correlaciones fenotípicas para características de plántulas sembradas en cajas de "hielo seco" . . . . . 47
CUADRO 9.	Cuadrados medios de los análisis combinados . . . . . 48
CUADRO 10.	Parámetros genéticos de los análisis combinados en plántulas. . . . . 49
CUADRO 11.	Medias de diferentes características en planta adulta de 20 genotipos. . . . . 51
CUADRO 12.	Medias y rangos de los genotipos sobresalientes en planta adulta . . . . . 52
CUADRO 13.	Cuadrados medios y C.V. de características en planta adulta de 20 genotipos . . . . . 54

	PÁG.
CUADRO 14. Parámetros genéticos en planta adulta de - 20 genotipos . . . . .	55
CUADRO 15. Correlaciones fenotípicas en planta adulta de 20 genotipos . . . . .	56
CUADRO 16. Medias de las características evaluadas en 10 genotipos de planta adulta . . . . .	58
CUADRO 17. Medias y rangos de los genotipos sobresa- lientes en planta adulta . . . . .	59
CUADRO 18. Cuadrados medios de los caracteres evalua- dos en 10 variedades de frijol . . . . .	60

## R E S U M E N

Se llevaron a cabo cuatro experimentos para estudiar la variabilidad de ciertas características en 20 genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris L.).

En el experimento a nivel plántula se estudiaron dos medios de cultivo: cajas de Petri y cajas de "hielo seco", presentando diferencias significativas para las características estudiadas entre los genotipos.

Las variedades sobresalientes en los dos medios fueron las siguientes: Campeón, Pinto Americano, Agramejo, Ciateño y Mulato.

La heredabilidad presentó valores mayores de 70 por ciento lo que muestra la variación en cada una de las características.

En el análisis combinado sobre los dos medios se observaron diferencias significativas para medios, tratamientos y tratamientos x medios.

En la estimación de los parámetros genéticos se observó una influencia de la varianza genética-ambiental sobre las características.

Se observaron correlaciones positivas y significativas entre las características estudiadas a nivel plántula.

En el experimento a nivel planta adulta con 20 genotipos los tratamientos presentaron significancia para siete carac-

terísticas. La característica humedad perdida a las 72 - horas en hojas cortadas se consideró como una de las características más importantes, recomendándose como una prueba rápida y consistente para la selección en genotipos de frijol con tolerancia a sequía.

Las variedades Campeón, Agramejo, Navidad-1165 y Mantecquilla y la línea LEF-3-RB fueron sobresalientes en el mayor número de características.

Se observó correlación positiva y significativa entre algunas características, lo que indica una relación estrecha entre dichas características.

En el experimento con 10 genotipos para estudiar características de planta adulta solamente una característica presentó significancia.



# CONTENIDO

	PÁG.
Dedicatoria . . . . .	i
Agradecimiento . . . . .	ii
Lista de Cuadros . . . . .	iii
Resumen . . . . .	iv
I N T R O D U C C I O N . . . . .	1
REVISION DE LITERATURA . . . . .	3
Historia del frijol en América Latina ✓ . . . . .	3
Mejoramiento del cultivo del frijol en México . . . . .	4
Problemas climáticos ✓ . . . . .	4
Efectos de la sequía en el cultivo de frijol . . . . .	5
Clasificación para ideotipos de planta en frijol . . . . .	7
Técnicas de selección para sequía en plantas cultivadas . . . . .	9
Caracteres que controlan el uso de agua para tolerancia a sequía . . . . .	10
Raíz y su importancia . . . . .	10
Area foliar . . . . .	13
Estudios sobre la pérdida de humedad en hojas cortadas . . . . .	14
Estomas y su relación con tolerancia a sequía y transpiración . . . . .	16
Experimentos de rendimiento bajo condiciones de sequía . . . . .	17
Atributos importantes de plántula para un buen establecimiento en el campo . . . . .	18

MATERIALES Y METODOS . . . . .	20
Material genético . . . . .	20
Diseño experimental . . . . .	22
Operaciones de laboratorio e invernadero . . . . .	22
Variables estudiadas . . . . .	25
Análisis estadístico . . . . .	26
RESULTADOS . . . . .	36
Resultados en los experimentos a nivel plántula . . . . .	36
Resultados en los experimentos de planta adulta . . . . .	50
DISCUSION . . . . .	61
Discusión de los resultados a nivel plántula . . . . .	61
Discusión de los resultados a nivel planta adulta . . . . .	65
CONCLUSIONES . . . . .	69
BIBLIOGRAFIA . . . . .	70
APENDICE . . . . .	75

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

México es el centro de origen del frijol y ha sido cultivado desde tiempos inmemoriales. El frijol es una de las principales fuentes de proteína en la dieta de la mayoría de las gentes de México. Se siembra en una área aproximadamente de 2'150,164 hectáreas (Informe (SARH, 1981) con una producción anual de 1'469,021 toneladas y con un rendimiento promedio de 683 kg/ha, siendo los estados de mayor superficie sembrada: Zacatecas, Durango, Chihuahua, Sinaloa y Nayarit.

El 87.4 por ciento de la producción nacional de frijol se obtiene en los distritos de temporal, lo que hace necesario mayor investigación para obtener genotipos con características genéticas que les proporcionen tolerancia a la sequía. En los últimos años los fitomejoradores han realizado investigaciones para obtener genotipos superiores bajo condiciones óptimas. Pero así como los fitomejoradores han tenido éxito bajo condiciones óptimas, no ha sido posible obtenerlo en las investigaciones realizadas para el mejoramiento de genotipos bajo condiciones de temporal, ya que los estudios en dichas condiciones son difíciles de llevarse a cabo por las precipitaciones irregulares y altas temperaturas que se presentan año con año, en donde se siembra la mayor superficie de frijol, lo cual justifica la realización de estudios bajo condiciones de laboratorio e invernadero.

En el mejoramiento para caracteres cuantitativos, los fitomejoradores han estado tradicionalmente interesados con

el análisis del complejo de caracteres como rendimiento y sus componentes tales como: vainas por planta, granos por vaina, etc, y olvidando por completo los caracteres de desarrollo como: sistema radical, área foliar y tasa de transpiración los que influyen en la composición de los genotipos cultivados bajo condiciones de sequía.

Los dos caracteres sistema radical y agua retenida en hojas cortadas pueden ser ampliamente usadas para evaluaciones de tolerancia a sequía en las plantas.

En el presente estudio veinte genotipos de frijol fueron estudiados para ciertas características de plántula y planta adulta persiguiendo los siguientes objetivos:

- Recomendar un medio de cultivo de los dos experimentos para el estudio de ciertas variables en plántula.
- Reportar la variabilidad disponible para algunas características de plántula y planta adulta de frijol y las correlaciones genéticas y fenotípicas entre ellas.
- Indicar los genotipos que reúnan las características más sobresalientes en plántula y planta adulta.
- Sugerir estudios posteriores para determinar la correlación entre estos caracteres estudiados y sequía en experimentos de campo.

## REVISION DE LITERATURA

### Historia del frijol en América Latina

Las formas silvestres de Phaseolus vulgaris L. se localizan en las partes Occidental y Sur de México, en - - Guatemala y en Honduras a lo largo de una franja de transición ecológica localizada entre los 500 y 1800 m s n m (Miranda, 1967; Gentry, 1969). También se han encontrado en la parte Oriental de la Cordillera Andina, en América del Sur, entre los 1500 y 2800 m s n m (Brucher, 1968).

En el área de México-Guatemala-Honduras, el ciclo vegetativo de las formas silvestres ocupa el período comprendido entre mayo y noviembre,

Kaplan y Mac Neish (1960) y Kaplan (1965-67), han reportado restos de P. vulgaris con antigüedad de 6000 a - - 7000 años en Tehuacán, Puebla, México; 1000 a 2300 años en el Suroeste de los Estados Unidos de América; y 7680 años en Callejón de Huaylas, Perú (Kaplan et al, 1973). Estos hechos concuerdan con los principios sugeridos por De - - Candolle (1886) y Vavilov (1949-50) para determinar el - - centro de origen de plantas cultivadas e indican que P. vulgaris se originó en la parte Occidental del área de - México-Guatemala (Miranda, 1967 y Gentry, 1969) a una altura aproximada de 1200 m s n m.

## Mejoramiento del cultivo del frijol en México

Engleman (1979) cita que las investigaciones sobre frijol en México empezaron alrededor de 1936, cuando la Oficina de Campos experimentales de la Dirección General de Agricultura reunió una serie de variedades de diferentes partes de México. En el período de 1936-1939 se pusieron pruebas uniformes de adaptación, rendimiento y estudios de hábitos de crecimiento. Durante 1942-1944 los estudios se concentraron sobre mejoramiento genético y se hicieron cruces - buscando un frijol de hábito de mata y de tipo bayo gordo. En 1944 el programa se encomendó a la Oficina de Estudios Especiales, la cual aumentó las colectas e inició los trabajos de fitopatología, entomología y selección de variedades. En el período de 1945-55 se estudiaron problemas de producción de frijol para grano y ejote. En 1950 se anunció la disponibilidad de las variedades mejoradas de frijol Rocamex 1, 2 y 3 y en 1955 se entregaron semillas de la variedad mejorada Canario-101. Durante 1955 se ampliaron las pruebas experimentales con frijol en diferentes regiones del país, con el fin de seleccionar material favorable para la producción regional de esta leguminosa.

### Problemas climáticos

En las plantas cultivadas el rendimiento es el resultado de la interacción entre el genotipo y el medio. Algunos factores del medio, tales como humedad y fertilidad del suelo, son más factibles de ser modificados a través de prácticas culturales. Otros, como la temperatura y el fotoperíodo, lo son en menor grado.

En cualesquiera de los sistemas de producción de frijol el agricultor puede perseguir uno o varios de los siguientes objetivos: el aumento en el rendimiento, la mayor redituabilidad del cultivo o una mayor seguridad en la

cosecha. Estos objetivos se pueden alcanzar con una combinación apropiada de los siguientes factores: variedad (genotipo), medio y prácticas agrícolas.

Considerando que en las zonas de temporal es muy frecuente tener períodos de sequía con temperaturas altas en el momento de la floración del frijol, es necesario desarrollar variedades que toleren o resistan estos cambios de clima, ya que las temperaturas altas destruyen los granos de polen, con lo que evitan la fecundación y formación de frutos.

Lépiz (1982), indica que durante el ciclo de siembras de temporal se siembran en México un promedio de 1'372,076 hectáreas de frijol siendo el 83.8 por ciento del total, - con una producción media de 387 kg/ha. Entre los factores que causan el bajo rendimiento menciona: a) sequía ocasionada por bajas precipitaciones, b) la presencia de bajas - temperaturas que ocasionan daños por heladas y c) sistemas tradicionales de siembra.

### Efectos de la sequía en el cultivo de frijol

Ullery (1971), sometió plantas de P. vulgaris L. variedad Idaho III, cultivadas en solución, a varios tratamientos a fin de inducir el estrés de agua en las hojas -- por medio de la disminución de la temperatura de la raíz. La disminución de la temperatura de la raíz, efectivamente indujo el estrés de agua debido a que redujo la capacidad de absorción de agua del sistema radical.

Magalhanes y Carelli (1972) sometieron semillas de - las variedades de frijol Carioca, Rosinha G-2 y Bico-de-ouro a condiciones crecientes de presión osmótica, durante la germinación, mediante el uso de soluciones de polietilenglicol-600. El estrés de agua tuvo un efecto muy fuerte, disminuyendo la germinación total, el crecimiento de

raíces y el desarrollo temprano de plántulas; ésto sugiere que existe una gran susceptibilidad del frijol para germinar bajo condiciones de limitación de agua. Bico-de-ouro, fue la variedad menos afectada.

Mojarro (1977), los objetivos principales de su trabajo fueron: 1) comprobar la tesis de Hall y Butcher (1958) de que los períodos de sequía inducidos a diferentes etapas fenológicas del cultivo tienen efectos múltiples sobre la producción; 2) estudiar el efecto de una sequía de 15 - bares en las hojas sobre los factores fisiológicos que influyen en el rendimiento. Se concluyó que la tesis de Hall y Butcher es efectiva sólo para los tratamientos en las etapas vegetativas, VR (3 semanas antes del inicio de floración) y VR<sub>3</sub> (final del llenado de vainas). Todos estos tratamientos afectaron el rendimiento y sus componentes. La fase reproductiva R<sub>1</sub> (comienzo del llenado de vainas) a los 81 días fué la más sensitiva a la sequía.

Bascur (1981) evaluó el efecto de la sequía en 12 variedades de frijol mediante el estudio de las relaciones del potencial hídrico del suelo y de las hojas, la resistencia estomática y la temperatura de la parte aérea y los parámetros de crecimiento y productividad. También se verificó el índice de sequía mediante la medición de la temperatura de la parte aérea (hojas) con un termómetro infrarrojo. Se observó una diferencia de comportamiento entre las diversas variedades, principalmente en la respuesta a la resistencia estomática y consecuentemente a la temperatura de las hojas. Se observó diferencia en el comportamiento en relación con los parámetros de crecimiento. En el caso de las variedades con alta resistencia estomática y alta temperatura de las hojas, el índice de área foliar, la persistencia foliar y la tasa de crecimiento del cultivo fueron los parámetros más afectados por la sequía. Se comprobó un fuerte efecto en el número de vainas/m<sup>2</sup> y vainas por planta, en el número de semillas por vaina y en el



peso de 100 semillas, lo que ocasiona la disminución final de la productividad. Se observó también una alteración en la distribución de los tallos, ramas y vainas, en detrimento del peso de las semillas en las variedades afectadas por la sequía.

Parker (1968) describió que las diferencias de tolerancia a la desecación son de menor importancia tratándose de plantas cultivadas porque para cuando se han deshidratado al nivel de supervivencia, lo más probable es que la cosecha sea una pérdida total. El interés se centra en el rendimiento de las plantas de cultivo y no en su supervivencia. Una de las defensas más eficaces contra los daños causados por la sequía, es un sistema de raíces profundo, muy bifurcado y que se extienda mucho.

Restrepo y Laing (1979) consideran que la habilidad que tiene una variedad para rendir relativamente bien en ambientes sub-óptimos de agua, puede ser dividida en dos aspectos: 1) la habilidad para resistir a la abscisión de flores directamente ó 2) la habilidad para escapar a déficit periódicos de agua al tener un período de floración largo.

### Clasificación para ideotipos de planta en frijol

En frijol, se ha visto la necesidad de seleccionar -- uno o más modelos de planta con el fin de darle orientación al fitomejorador en la selección de progenitores de alto potencial de rendimiento.

Restrepo y Laing (1979) describen los pasos que involucran para la selección de un buen ideotipo: a) identificación de los componentes morfológicos y fisiológicos relacionados con el rendimiento para los cuales exista variación genética, b) mediante la experiencia directa o rea-

lizando experimentos se alcanza una comprensión de las funciones que la planta debe ejecutar en uno o más ambientes preseleccionados y con base en esa comprensión se formulan uno o más modelos de planta tipo factibles de lograr, - - c) construir ideotipos factibles por medio de procesos de fitomejoramiento apropiados, d) probar estos ideotipos en los medios apropiados comparándolos con variedades normales y e) después de probarlos, evaluar de nuevo los modelos para determinar si es necesario efectuar algunos ajustes en componentes particulares para alcanzar un mejor - - comportamiento.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, ha propuesto tres ideotipos para el cultivo del frijol:

- 1). Un ideotipo adaptado a un amplio rango de ambientes y con alto potencial de rendimiento cuando se suministra un nivel razonable de insumos para sistemas de producción de tipo comercial.
- 2). Un ideotipo adaptado a períodos de crecimiento muy cortos donde la precipitación es a veces limitante hacia el final de la época de crecimiento o donde un período corto entre otros cultivos puede ser utilizado efectivamente con un cultivo de frijol de ciclo corto.
- 3). Un ideotipo adaptado a condiciones de precipitación altamente variable donde la estabilidad de rendimiento es una alta prioridad, pero donde la respuesta del rendimiento a buenas condiciones de crecimiento puede esperarse.

## Técnicas de selección para sequía en plantas cultivadas

Para identificar las variedades sobresalientes en - - cuanto a la tolerancia y/o susceptibilidad a sequía en las plantas cultivadas se tienen las siguientes técnicas:

- 1). Medición de la fotosíntesis; la fotosíntesis disminuye en sequía. Una causa es probablemente que el cierre de los estomas determina una falta de  $CO_2$  en el mesófilo. Otro factor interactuante es que por falla en el transporte debido a la falta de agua, el azúcar se acumula en la hoja y las reacciones de síntesis de sacarosa y almidón se inhiben.
- 2). Comportamiento de estomas; cuando la célula está saturada de agua el estoma está abierto y cuando está flácida se cierra, este es un mecanismo de respuesta por el que la planta puede tolerar la sequía, si a la - - planta le falta agua permanecerá con los estomas cerrados y no perderá el remanente por transpiración.
- 3). Agua retenida en las hojas cortadas; una variedad bajo condiciones de déficit de humedad que pierde peso lentamente, pierde poca agua en las hojas cortadas, - tiene poca transpiración, presenta estomas cerrados y su citoplasma y protoplasma presentan capacidad de - deshidratación sin sufrir daño, manifestará una mayor tolerancia a sequía.
- 4). Potencial hídrico de los tejidos; la tolerancia a la sequía tiene relación con la forma en que ésta almacena el agua en los tejidos, a mayor cantidad de agua es más tolerante a sequía (xerófitas) y a menor cantidad es más susceptible (mesófitas).

- 5). Características del sistema radical; a mayor extensión de raíz, mayor profundidad, muy bifurcado y mayor número de pelos absorbentes por volumen radical, dan mayor absorción de agua.
- 6). El crecimiento de la porción aérea; las plantas que presentan pocos tallos, pocas espigas o vainas por planta, menor número de hojas y hojas más pequeñas, presentan tolerancia a sequía.
- 7). Estimación de prolina y ácido absísico; un marcado incremento del contenido de prolina libre ocurre en los tejidos de muchas plantas mesófitas durante un moderado a severo déficit de agua en las horas del día. Bajo condiciones de sequía hay una mayor acumulación de ácido absísico.

#### Caracteres que controlan el uso de agua para tolerancia a sequía

Kramer (1974) define la tolerancia a sequía como los distintos mecanismos por los cuales las plantas sobreviven a períodos de tensión hídrica ambiental. Básicamente las plantas son tolerantes a la sequía, ya sea porque su protoplasma es capaz de sobre llevar la deshidratación sin sufrir daños permanentes o porque poseen características estructurales o fisiológicas que tienen por resultado el aplazamiento o la evasión de un nivel letal de desecación.

#### Raíz y su importancia

La raíz es la porción inferior del eje de la planta, normalmente se desarrolla por debajo de la superficie del suelo. La opinión aceptada es que sólo una cantidad pequeña de agua penetra a través de la cofia y el meristemo

apical (Kramer, 1945; Brouwer, 1959). El grueso de la absorción de agua tiene lugar, aparentemente en la región en que el xilema primario está casi completamente maduro. En esta zona se producen los pelos radicales cuyo papel primordial es la absorción de agua. En las regiones maduras en que existe una peridermis, también se realiza la absorción de agua y ésta se efectúa probablemente a través de las lenticelas (Kramer, 1946). La cantidad de agua absorbida por distintas partes a lo largo de la raíz, depende de varios factores. Hasta un cierto grado, estas diferencias dependen de diferencias estructurales.

Carmi y Koller (1978) observaron que la escisión de un 70-80 por ciento de las raíces de plantas jóvenes de frijol causó una reducción considerable en la tasa fotosintética de las hojas primordiales de plantas intactas y decapitadas. Los tratamientos en los cuales se suministró a las raíces sólo agua destilada, con o sin suministro directo de minerales a las hojas, demostraron que el efecto de la escisión de las raíces sobre la fotosíntesis no se debió a una absorción mineral reducida por parte de las raíces. Es probable que las raíces proporcionen sustancias esenciales para activar la fotosíntesis o para mantener su nivel.

Avilán y Neptune (1976), realizaron ensayos en el campo con frijol cultivado en un alfisol rojizo, mostraron que la máxima profundidad del sistema radical fué de 50 cm; la máxima distancia lateral alcanzada fué de 25 cm.

Avilán y Neptune (1976) estudiaron la morfología inicial del sistema radical del frijol variedad Carioca, en condiciones controladas. Se determinaron tres etapas: - - a) aparición y desarrollo de la radícula, b) aparición de la ramificación secundaria en número de cuatro originada alrededor de una región de la radícula y c) crecimiento del sistema de raíces existentes y aparición de nuevas ramificaciones. El crecimiento total del sistema radical durante

el período de observación fué de 140.1 cm de largo, el número de raíces secundarias y terciarias 62 y 27 respectivamente. La tasa media de crecimiento fué de 0.48 cm/hr.

Acuña (1976) cuya investigación se realizó para: - -  
 1) determinar si el sistema radical era un factor limitante en el rendimiento de la variedad de frijol blanco Seafarer, 2) obtener información básica acerca de la morfología y patrones de crecimiento del sistema radical y 3) determinar la relación entre el crecimiento de los vástago y raíces. Se utilizaron técnicas de injerto en estudios bajo condiciones de campo y condiciones ambientales controladas. Las raíces injertadas no afectaron el rendimiento de grano, iniciación y duración de la floración o tiempo hasta la madurez. En uno de los tratamientos las raíces injertadas afectaron el número de vainas. A través de las etapas se observaron diferencias entre las variedades en lo que respecta al tamaño de las raíces y patrones de crecimiento. Los tratamientos de injertos recíprocos cultivados bajo condiciones ambientales controladas mostraron que los parámetros radicales medidos de las raíces injertadas sólo determinaron el número de raíces adventicias y el número de raíces laterales/cm de raíz. Otros parámetros radicales, como el peso seco de las raíces y longitud de las raíces adventicias, dependieron del vástago injertado. Tanto el vástago injertado, como la raíz injertada afectaron la distribución de la materia seca entre el vástago y la raíz. No se observaron evidencias que indiquen que el sistema radical de Seafarer limita el rendimiento. Los resultados indicaron que el "vigor" o tamaño de la raíz son de poca importancia en la determinación del comportamiento del sistema radical.

Stofella (1979) dividió la masa total radical de genotipos de frijol negro en cuatro componentes: 1) adventicio 2) basal, 3) primario y 4) lateral, encontrando diferencias substanciales entre 2 variedades y 4 líneas para los pesos

de cada uno de los componentes, tanto bajo condiciones de invernadero como de campo.

Hidalgo (1977) llevó a cabo una serie de experimentos de campo, en cámaras de crecimiento y en invernadero para identificar los posibles mecanismos responsables de tolerancia a la sequía y para determinar posibles procedimientos de selección de líneas tolerantes a la sequía. En uno de los experimentos se coleccionaron 20 de las 500 introducciones con base a su respuesta al rendimiento y en la presencia de cuatro diferentes tipos de raíces, incluyendo una raíz principal gruesa, una raíz principal delgada, raíces secundarias solamente y raíces fibrosas solamente. Los resultados indicaron una baja tolerancia a la sequía donde se midió la resistencia estomatal y el potencial hídrico. Los posibles mecanismos de superación del déficit de agua se basan principalmente en evitar el estrés, dependen de un sistema radical mejor desarrollado que el promedio; o sea, una raíz central y raíces secundarias fuertes y/o de estomas que se cierran ante un déficit mínimo de agua.

Parker (1949) y Bialoglowsky (1936) encontraron que la transpiración aumenta al aumentar la relación entre la parte radical y la parte aérea. En el caso en que se den las condiciones necesarias para la buena transpiración, la eficacia de la superficie absorbente (superficie radical) y la de la superficie de evaporación (superficie foliar) regulan la velocidad de la transpiración, se produce un déficit de agua que, a su vez, reducirá la transpiración.

### Area foliar

Es perfectamente lógico admitir que cuanto mayor sea el área foliar, mayor será la importancia de la pérdida de agua. Esta suposición es correcta, aunque no existe una

concordancia perfectamente proporcional entre el área foliar y la pérdida de agua (Kramer, 1959). Por unidad de superficie, las plantas pequeñas suelen transpirar a una velocidad mayor que las plantas grandes. La eliminación de una parte de las hojas de una planta (reducción del área foliar) puede aumentar la velocidad de transpiración por unidad de área foliar de la planta. Probablemente, esta situación surge del hecho de que el sistema radical de las plantas podadas suministra una mayor cantidad de agua a un menor número de hojas, incrementando así la eficacia de su transpiración.

Benincasa, M.M.P. et al (1976) usó el método desarrollado por Watson, et al (1958) para calcular el área foliar con base en las dimensiones lineales. El producto (Y) de los parámetros "largo" y "parte más ancha de la hoja" se correlacionó con el área foliar obtenida mediante determinaciones planimétricas. El factor de corrección se determinó mediante la fórmula  $K = x/y$  ( $x$ =área total de las hojas de 2 plantas,  $y$ =peso seco total de las hojas). El análisis estadístico mostró que se deben aplicar dos factores de corrección:  $K_1$  para la fase inicial del desarrollo de la planta (20 días después de la siembra) y  $K_{11}$  para los muestreos subsiguientes (30 y 40 días después de la siembra). Los valores de  $K_1$  y  $K_{11}$  son 0.70 y 0.59 respectivamente. La fórmula para calcular el área foliar es:  $x = Ky$ , donde  $x$  equivale al área real y  $K_1$  al factor de corrección.

#### Estudios sobre la pérdida de humedad en hojas cortadas

Los requerimientos de agua de la planta se deben parcialmente a necesidades metabólicas, pero sobre todo a un determinismo físico, que incluye por una parte un gradiente de difusión por evaporación y por otro un gradiente de difusión osmótica. En base a estos principios es preciso



manejar dos conceptos fundamentales: el de coeficiente de transpiración y el de eficiencia de transpiración.

El coeficiente de transpiración mide la intensidad con que la planta transpira; puesto que este es un valor que varía con las condiciones ambientales, se establece al comparar el agua que la planta pierde con la que se evapora de una superficie libre, por unidad de área. La eficiencia de transpiración, por otra parte indica la habilidad de la planta para utilizar el agua en procesos metabólicos y se establece midiendo la cantidad de materia seca sintetizada por gramos de agua absorbida.

Las plantas varían en la intensidad de la transpiración, pero en general, como asienta Maksimov (Rojas, 1981) las plantas que transpiran con más intensidad usan el agua con menor eficiencia. Sin embargo, en muchos casos una planta puede exigir abundante agua (alto coeficiente) sin embargo, usarla bien, rindiendo mucho (alta eficiencia).

Cancian (1978), evaluó la participación relativa de los componentes de prevención y tolerancia y resistencia total a la sequía en plantas de Vigna unguiculata y Phaseolus vulgaris. Como parámetro de prevención a la sequía fueron considerados, el comportamiento estomático y la tasa de transpiración cuticular relativa. El tiempo de supervivencia de las hojas cortadas constituye un estimador de la resistencia total de las plantas a la sequía. El tiempo de supervivencia, determinado para las hojas cortadas, fue mayor en V. unguiculata.

Salim, et al (1969) consideraron que los resultados obtenidos al medir el agua perdida en hojas cortadas como técnica para estimar tolerancia a sequía apoyan su recomendación como una prueba consistente y rápida, pero debe tenerse precaución con la humedad relativa en el ambiente de prueba. Kirkam, et al (1980) encontraron una relación di-

recta entre el área foliar y la pérdida de agua en hojas cortadas, las hojas más grandes perdieron más agua que las hojas pequeñas.

### Estomas y su relación con tolerancia a sequía y transpiración

Uno de los medios para aplazar la tensión hídrica en las plantas es la reducción de la transpiración (Parker, 1968). Algunas plantas, reaccionan contra la tensión hídrica desprendiéndose de sus hojas; muchas plantas reaccionan cerrando sus estomas; ambas reacciones reducen la pérdida de agua y las plantas que las tienen sobreviven más tiempo que las otras. Estomas sensibles que se cierran rápidamente al iniciarse la tensión hídrica, combinados con hojas fuertemente cutinizadas, tienen por resultado un control muy eficaz de la transpiración.

La mayor parte de la transpiración se hace por los estomas. El número de estomas en la hoja varía mucho de una especie a otra, pero para una variedad dada es igual por unidad de área. El número de estomas para frijol es de: haz 40 y envés 281 estomas/mm<sup>2</sup> de hoja.

Yemm y Willis (1954) sometieron plantas de Chrysanthemum maximum, cultivadas en el campo, a distintos grados de déficit de agua y observaron que los estomas que se habían abierto con la primera luz de la mañana, se cerraban debido al déficit hídrico. Cuando mayor es la cuantía del déficit de agua, más pronto se cierran los estomas.

Sathyanaarayanaiah (1976) examinó la densidad de estomas bajo riego y sequía y encontró diferencias altamente significativas para número de estomas en el haz y envés en plantas de trigo en ambos ambientes. El mayor número de variedades estudiadas presentaron más número de estomas en

el haz que en el envés en ambos ambientes. Encontró más número de estomas bajo riego que bajo sequía, algunas variedades resistentes a sequía tuvieron bajo número de estomas. No hubo diferencia significativa para tamaño de estomas.

### Experimentos de rendimiento bajo condiciones de sequía

Para determinar el rendimiento de un cultivo hay que tomar en cuenta los componentes de rendimiento, siendo los principales:

- a). Plantas/m<sup>2</sup>; se determina mediante el conteo de las plantas que presentan vainas en madurez a la cosecha en 1 m<sup>2</sup>.
- b). Vainas/planta; se toman las vainas de todas las plantas de la submuestra (20-30 plantas) y se cuentan. El dato obtenido se divide por el número de plantas de la submuestra.
- c). Semillas/vaina; de las vainas de la submuestra anterior se toman aproximadamente 50 al azar; se cuenta el número de semillas grandes. El número de semillas por vaina se determina mediante la división del número de semillas por el número de vainas.
- d). Peso de la semilla; el tamaño promedio de las semillas se determina mediante el conteo de 100 a 200 semillas de frijol. Se secan en un horno a 60°C y se determina su peso. El peso promedio de las semillas se obtiene mediante la división del peso observado por el número de semillas.

Fisher (1980) comparó 4 genotipos de P. vulgaris en 3 fechas de siembra durante la primera estación (abril-ju-

nio, 1976) y 4 fechas de siembra durante la segunda estación (noviembre, 1976-enero, 1977). El rendimiento disminuyó con el retraso de la siembra en ambas estaciones, - aunque en la segunda estación el rendimiento fue menor que en la primera siembra y declinó con mayor rapidez. El genotipo de rendimiento más estable fué Canadian Wonder. Su estabilidad se atribuyó a la evasión de la sequía y a una buena resistencia de campo a la sequía y enfermedades. Los componentes más importantes que determinaron los efectos de la fecha de siembra en el rendimiento fueron: número de vaina/planta y de semillas/vaina.

Miranda y Belmar (1977) realizaron 2 experimentos de campo sobre un suelo andosol durante los períodos de floración, con el fin de evaluar el efecto de la inducción del déficit hídrico (30 y 70 por ciento de humedad relativa) en el desarrollo del frijol. Los rendimientos de la semilla se redujeron significativamente por causa del déficit de humedad del suelo durante los estadios de crecimiento, - floración y formación de semillas.

#### Atributos importantes de plántula para un buen establecimiento en el campo

Lush y Wien (1979) estudiaron la importancia del tamaño de la semilla en el crecimiento temprano de vigna - (Vigna unguiculata L. Walp) silvestre y domesticado. La vigna domesticada tiene las semillas más grandes que los tipos silvestres. En siembras poco profundas, de 5 cm, el tamaño de la semilla no presenta efecto en la emergencia, pero en siembras profundas una proporción alta de las variedades de semilla grande acrecentaron su emergencia y - emergencia más pronto que las variedades de semilla pequeña. El tamaño de la plántula después de la emergencia fué inversamente proporcional para profundidad de plantación y directamente relacionado con tamaño de semilla. Cuando se

compararon semillas del mismo tamaño no hubo diferencias en las tasas de desarrollo de las variedades silvestres y domesticadas.

Verma y Nagi (1973) estudiaron la variabilidad genética de algunos atributos importantes en el desarrollo inicial de plantas en cebada (Hordeum vulgare L.). Este estudio se llevó a cabo con variedades sobresalientes en semi-sequía, los caracteres estudiados fueron: longitud de la raíz mas larga, longitud del coleóptilo y longitud de la primera hoja, presentando una gran variabilidad genética combinada con una magnitud moderada de heredabilidad. Solamente hubo correlación positiva y significativa entre longitud de la primera hoja y longitud de la raíz mas larga. Esto indica que estos caracteres pueden ser combinados para ser seleccionados en generaciones segregantes de cruas. Selección indirecta para longitud de raíces puede ser hecha por selección de longitud de la hoja en generaciones segregantes.

## MATERIALES Y METODOS

### Material genético

Se llevaron a cabo cuatro experimentos para estudiar importantes características de plántula y planta adulta en laboratorio e invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo Coahuila, México. Siendo los cuatro experimentos los siguientes:

1. Evaluación en laboratorio de características de plántulas de frijol en cajas de Petri.
2. Evaluación en invernadero de características de plántulas de frijol en cajas de "hielo seco".
3. Evaluación en invernadero de ciertas características - relacionadas con tolerancia a sequía en otros cultivos, en plantas adultas de 20 genotipos de frijol.
4. Evaluación en invernadero de diferentes características relacionadas con tolerancia a sequía en algunos cultivos, en plantas adultas de los 10 genotipos sobresalientes en los experimentos anteriores.

Los materiales genéticos incluidos en los cuatro experimentos, representan una amplia gama de variabilidad, fueron seleccionados dentro de los programas de mejoramiento genético de frijol de la Universidad Autónoma Agraria - Antonio Narro (UAAAN) y el Campo Agrícola Experimental de Río Bravo Tamaulipas, SARH - INIA (CAERIB), siendo dichos -

materiales sobresalientes en los ensayos de rendimiento - llevados a cabo en los campos experimentales de la UAAAN y del INIA. A continuación se presenta la lista de las 20 variedades:

VARIEDAD Y/O LINEA	DIAS A MADUREZ	PESO DE 100 SEMILLAS	COLOR DE GRANO
Navidad-1165	100 - 110	26.79	Bayo-Café
Pinto Americano	90 - 100	33.21	Bayo-Café
Campeón	120 - 130	35.75	Bayo-Café
Mantequilla	90 - 100	21.07	Amarillo
Flor de Mayo	90 - 100	30.61	Bayo-Morado
Río Grande	120 - 130	21.65	Bayo
Ciateño	91 - 96	15.39	Bayo
Agramejo	91 - 96	16.05	Bayo
Agrarista	92 - 96	15.45	Bayo
Mulato	85 - 93	20.53	Bayo-Café
Azabache	93 - 96	18.83	Negro
Pinto Norteco	83 - 85	16.35	Bayo-Café
Delicias-71	80 - 85	15.27	Bayo-Café
Jamapa	93 - 96	15.16	Negro
LEF-3-RB	93 - 96	18.44	Bayo
LEF-25_RB	88 - 90	29.84	Bayo-Café
III-36-F-T-4-1-U	93 - 96	19.47	Bayo-Negro
II-1-F-T-96-3-1-6-U	93 - 96	25.20	Bayo
III-5-F-T0211-1-U	91 - 95	18.41	Bayo
III-6-F-T-95-1-U	87 - 94	21.83	Negro

Nota: Los datos de las variedades están tomados del CAERIB y de la UAAAN.

Los primeros seis materiales fueron proporcionados por la UAAAN y el resto por el CAERIB.

materiales sobresalientes en los ensayos de rendimiento - llevados a cabo en los campos experimentales de la UAAAN y del INIA. A continuación se presenta la lista de las 20 variedades:

VARIEDAD Y/O LINEA	DIAS A MADUREZ	PESO DE 100 SEMILLAS	COLOR DE GRANO
Navidad-1165	100 - 110	26.79	Bayo-Café
Pinto Americano	90 - 100	33.21	Bayo-Café
Campeón	120 - 130	35.75	Bayo-Café
Mantequilla	90 - 100	21.07	Amarillo
Flor de Mayo	90 - 100	30.61	Bayo-Morado
Río Grande	120 - 130	21.65	Bayo
Ciateño	91 - 96	15,39	Bayo
Agramejo	91 - 96	16.05	Bayo
Agrarista	92 - 96	15.45	Bayo
Mulato	85 - 93	20.53	Bayo-Café
Azabache	93 - 96	18.83	Negro
Pinto Norteño	83 - 85	16.35	Bayo-Café
Delicias-71	80 - 85	15.27	Bayo-Café
Jamapa	93 - 96	15,16	Negro
LEF-3-RB	93 - 96	18.44	Bayo
LEF-25_RB	88 - 90	29,84	Bayo-Café
III-36-F-T-4-1-U	93 - 96	19,47	Bayo-Negro
II-1-F-T-96-3-1-6-U	93 - 96	25.20	Bayo
III-5-F-T0211-1-U	91 - 95	18.41	Bayo
III-6-F-T-95-1-U	87 - 94	21,83	Negro

Nota: Los datos de las variedades están tomados del CAERIB y de la UAAAN.

Los primeros seis materiales fueron proporcionados por la UAAAN y el resto por el CAERIB.



## Diseño experimental

Los tres primeros experimentos en donde se evaluaron las 20 variedades tanto a nivel plántula como planta adulta se distribuyeron bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, tomándose como unidad experimental 5 plántulas y/o plantas adultas en los experimentos a nivel plántula y nivel planta adulta respectivamente. En el cuarto experimento a nivel planta adulta se evaluaron las 10 variedades más sobresalientes en los tres experimentos anteriores y se distribuyeron bajo un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones, tomándose como unidad experimental 3 plantas adultas.

## Operaciones de laboratorio e invernadero

1. Evaluación en laboratorio de características de plántulas de frijol en cajas de Petri.

En cajas de Petri (Pyrex de 10 cm de diámetro por 1.5 cm de altura) se colocaron 10 semillas bien formadas de cada una de las 20 variedades con tres repeticiones dando un total de 60 cajas de Petri y 600 semillas. Dentro de las cajas de Petri se colocó papel filtro número 4, húmedo para que germinaran las semillas. Posteriormente, se regaron con agua destilada constantemente para evitar desecación por falta de humedad. A los 12 días de sembradas se tomaron datos de las variables estudiadas en cinco plántulas al azar.

Al inicio del experimento se caracterizaron cada uno de los genotipos por el peso de 100 semillas.

2. Evaluación en invernadero de características de plántulas de frijol en cajas de "hielo seco".

En cajas de "hielo seco" para transplante fueron colocadas semillas de los 20 genotipos seleccionados sobre arena fina húmeda, una semilla por depósito y después cubierta con una capa de arena seca. Las cajas tienen 16 hileras de 8 depósitos cada una, cada hilera representó un genotipo; las dimensiones de los depósitos son de 4 x 4 cm en la parte superior, 1 x 1 cm en la base y 7 cm de profundidad. Se aplicó riego constante para evitar daño por sequía. A los 12 días de iniciado el experimento se lavó con abundante agua el sistema radical, eliminando los residuos de suelo y se hicieron las mediciones de las variables estudiadas.

3. Evaluación en invernadero de ciertas características relacionadas con tolerancia a sequía en otros cultivos, en plantas adultas de 20 genotipos de frijol.

Se sembraron los 20 genotipos en bolsas de polietileno negro (50 x 20 cm, altura y diámetro respectivamente), se llenaron con suelo cribado, se sembraron 10 semillas por bolsa por genotipo, de las cuales se dejaron 5 plantas después de la germinación.

Se administró agua en cantidad suficiente para evitar daños por sequía. A los 55-60 días de crecimiento, la porción vegetativa fué cortada y las hojas se separaron tomándose el peso fresco, posteriormente se colocaron en un cuarto de secado a una temperatura media de alrededor de 25°C. Después se tomó el peso seco de las hojas cada 24 horas por tres días y finalmente el peso seco después de colocarse en el horno a 60°C por 24 horas. El peso de humedad en el follaje se obtuvo por la diferencia entre el peso verde y el peso seco del follaje. Las raíces fueron lavadas con agua para separar el suelo, posteriormente se secaron en el horno a una temperatura de 50°C por 24 ho-

ras, tomándose el peso seco a la masa total de raíces por variedad. Como ya se mencionó a los 55 - 60 días de iniciado el experimento se hizo la estimación de las características de las plantas separando la raíz del follaje.

4. Evaluación en invernadero de diferentes características relacionadas con tolerancia a sequía en algunos cultivos, en plantas adultas de los 10 genotipos sobresalientes en los experimentos anteriores.

En este experimento se sembraron las 10 variedades con características sobresalientes a nivel plántula y planta adulta, las cuales fueron seleccionadas en base a los resultados de los tres experimentos anteriores.

Se sembraron las 10 variedades en bolsas de polietileno negro de 50 cm de altura por 20 cm de diámetro, se llenaron con suelo cribado, se sembraron 10 semillas por bolsa por variedad, de las cuales se dejaron 3 plantas después de la germinación. Se aplicó riego constante para evitar daños por deficiencia de humedad. A los 55-60 días de iniciado el experimento, la parte aérea fue cortada y las hojas separadas tomándose el peso fresco, posteriormente se colocaron en un cuarto de secado a una temperatura media de 25°C. Después se tomó el peso de las hojas cada 24 horas durante tres días y finalmente el peso seco después de colocarse en el horno a 60°C por 24 horas. El peso de humedad en el follaje se obtuvo por la diferencia entre el peso verde y el peso seco de follaje.

Al separar raíz y follaje, las raíces fueron lavadas con agua para separar el suelo y posteriormente se secaron en el horno a una temperatura de 50°C por 24 horas, tomándose el peso seco de la masa total radical por variedad.

### VARIABLES ESTUDIADAS

Las variables o características estudiadas a nivel - - plántula para cada una de las 1<sup>as</sup> 20 variedades fueron las siguientes:

1. Longitud de la raíz principal. Expresada en centímetros a partir de la base de la raíz hasta la punta de la raíz principal.
2. Número de raíces. Se determinó por medio de un conteo de toda la masa radical.
3. Longitud total de raíces. Es la suma expresada en centímetros del número total de raíces medidas.
4. Altura al cotiledón. Expresada en centímetros a partir de la base del tallo hasta el nudo cotiledonar.
5. Altura de plántula. Distancia en centímetros desde la base del tallo hasta la punta de la parte aérea de la plántula.

Las características estudiadas en planta adulta para el experimento de las 20 y 10 variedades fueron las siguientes:

1. Altura de planta. Expresada en centímetros a partir de la base del tallo hasta la parte terminal de la planta.
2. Peso en verde del follaje. Peso en gramos de la parte aérea de la planta.
3. Peso de la humedad en el follaje. Se obtuvo de la diferencia en peso entre el peso verde y el peso seco de follaje.

4. Peso seco del follaje. Peso en gramos del follaje después de secarlo en el horno a 60°C por 24 horas.
5. Porcentaje de la humedad perdida a las 24 horas. Se obtuvo de la diferencia entre el peso verde del follaje y el peso del follaje transcurridas 24 horas.
6. Porcentaje de la humedad perdida a las 48 horas. Se determinó por la diferencia del peso del follaje a las 24 horas y el peso del follaje a las 48 horas.
7. Porcentaje de la humedad perdida a las 72 horas. Esta dada por la diferencia obtenida entre el peso del follaje a las 48 horas y el peso del follaje a las 72 horas.
8. Peso seco de la raíz. Es el peso de la masa radical después de secarlas en el horno a 50°C durante 24 horas.
9. Peso seco total. Es la suma del peso seco de la planta en total (hojas, tallos y raíz).
10. Relación peso seco raíz/follaje. Es la relación que existe entre el peso seco de la raíz y peso seco del follaje.

### Análisis estadístico

#### Análisis de varianza para cada experimento

Los análisis de varianza por experimento se realizaron en base al siguiente modelo estadístico lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij} ; \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, r \end{array}$$

donde:

$Y_{ij}$  = valor observado para la  $ij$ -ésima parcela

$\mu$  = efecto medio

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$B_j$  = efecto de la  $j$ -ésima repetición

$E_{ij}$  = efecto del error experimental en la  $j$ -ésima repetición que está sujeta al  $i$ -ésimo tratamiento

Consideraciones generales:

$$i) \bar{Y}_{..} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij} / r, \quad (\text{media general})$$

$$Y_{i.} = \sum_{j=1}^r Y_{ij} / r, \quad (\text{media del tratamiento } i)$$

$$y \quad \bar{Y}_j = \sum_{i=1}^t Y_{ij} / t \quad (\text{media de la repetición } j)$$

entonces:  $\bar{Y}_{..}$  es un estimador de  $\mu$

$Y_{i.}$  es un estimador de  $\mu + T_i$

y  $Y_{ij}$  es un estimador de  $\mu + B_j$

supuestos:  $\sum_{j=1}^r \beta_j = 0$

$$E_{ij} \sim \text{DNI} (0, \sigma_e^2)$$

Las  $E_{ij}$  son variables aleatorias independientes normalmente distribuidas con media 0 y varianza  $\sigma_e^2$ .

ii). En el diseño de bloques al azar es posible probar las dos siguientes hipótesis.

$H_0 : T_1 = T_2 = \dots = T_t$  (no hay diferencia entre tratamientos)

y  $H_a : T_1 \neq T_2 \neq \dots \neq T_t$  (hay diferencia entre tratamientos)

Las reglas de decisión para las hipótesis anteriores son:

- Rechazar la hipótesis  $H_0$  (nula, si  $F_c = \text{CTM}/\text{CME} > F_{t-1, (r-1)(t-1)}$ )

En el caso de que se rechaze  $H_0$  es conveniente efectuar una prueba de rango múltiple que indique si la diferencia entre dos tratamientos es significativo o no.

iii). La tabla del análisis de varianza es la siguiente:

FUENTES DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA
Tratamientos	$t - 1$	$\sum_{i=1}^t Y_{i.}^2 / r - Y_{..}^2 / rt$	$\text{SCTR} / t - 1$	$\text{CMTR} / \text{CME}$
Repeticiones	$r - 1$	$\sum_{j=1}^r Y_{.j}^2 / t - Y_{..}^2 / rt$	$\text{SCR} / r - 1$	$\text{CMR} / \text{CME}$
Error	$(t-1)(r-1)$	$\text{SCT} - \text{SCTR} - \text{SCR}$	$\text{SCE} / (t-1)(r-1)$	
Total	$tr - 1$	$\sum_{ij} Y_{ij}^2 - Y_{..}^2 / rt$		

$t$  = tratamientos

$r$  = repeticiones

Factor de corrección

$$\sum_{j=1}^r Y_{.j}^2 / t = Y_{..}^2 / tr = c$$

Coeficiente de variación	$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$
Error estandar	$S\bar{X} = \sqrt{\frac{S}{n}}$

### Análisis de varianza combinado

El análisis de varianza se llevó a cabo en base al siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + R_{k(i)} + T_j + TA_{ij} + E_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = observación realizada en el  $i$ -ésimo medio, del  $j$ -ésimo tratamiento en la  $k$ -ésima repetición

$\mu$  = efecto medio

$A_i$  = efecto del  $i$ -ésimo medio

$R_{k(i)}$  = efecto de la  $k$ -ésima repetición dentro del  $i$ -ésimo medio

$T_j$  = efecto del  $j$ -ésimo tratamiento

$TA_{ij}$  = efecto de la interacción entre el  $j$ -ésimo tratamiento y el  $i$ -ésimo medio

$E_{ijk}$  = error experimental asociado del  $j$ -ésimo tratamiento en la  $k$ -ésima repetición en el  $i$ -ésimo medio

i) La tabla del análisis de varianza combinado es la siguiente:



FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	FC
Medios	a - 1	$\sum_{i=1}^a Y_{i..}^2/rt - Y...^2/atr$	SCM/a - 1	$\frac{CWM}{CME}$
Repeticiones/Medios	a(r - 1)	$\sum_{i,k=1}^a Y_{i,k}^2/t - Y...^2/atr - SCM$	SCR/M/a(r-1)	$\frac{CMR/M}{CME}$
Tratamientos	(t-1)(a-1)	$\sum_{j=1}^t Y_{.j}^2/ra - Y...^2/atr$	SCTR/t-1	$\frac{CMTR}{CME}$
Tratamientos x Medios	(t-1)(a-1)	$\sum_{i,j=1}^a Y_{ij}^2/r - Y...^2/atr - SCM - SCTR$	SCTR x M/(t-1)(a-1)	$\frac{CMTR \times M}{CME}$
Error	a(t-1)(r-1)	SCT - SCM - SCR/M - SCTR - SCTR x M	SCE/(t-1)(r-1) a	
Total	tra - 1	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t Y_{ijk}^2 - Y...^2/atr$		

Modelo lineal aditivo del diseño bloques al azar

Los tratamientos o genotipos en sí no representan una población definida, por lo que el modelo II no es aplicable en este caso para obtener la estimación de los parámetros, se supone que los tratamientos o genotipos son líneas endogámicas escogidas al azar de una población para poder estimar la heredabilidad en sentido amplio y las correlaciones genotípicas y fenotípicas entre las características estudiadas, siguiendo para ello los procedimientos sugeridos por Hallauer y Miranda (1980) que a continuación se describen:

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	ESPERANZA DE LOS CUADRADOS MEDIOS
Repeticiones	$r - 1$		
Tratamientos	$t - 1$	$M_2$	$\sigma_e^2 + r\sigma_g^2$
Error	$(t-1)(r-1)$	$M_3$	$\sigma_e^2$
Total	$tr - 1$		

Estimación de los componentes de variación

Para determinar si las diferencias en el comportamiento de las variedades y/o líneas es debido a diferentes genéticas, el cuadrado medio para entradas deberá ser dividido por el cuadrado medio del término apropiado del error (Prueba de F). Para determinar el error apropiado, los componentes de variación de cada fuente de variación deberá ser determinado (Esperanza de los Cuadrados Medios).

Los componentes de variación son útiles para computar la heredabilidad y distribución de los recursos entre repeticiones y medios ambientes.

Considerando lo anterior y a partir del modelo lineal aditivo usado (Modelo II) se tiene lo siguiente:

Donde:

$$CME = M_3 = \sigma_e^2$$

$$CMTR = M_2$$

Por lo tanto:

$$\sigma_g^2 = \frac{M_2 - M_3}{r}$$

El cálculo de la varianza fenotípica para el análisis de varianza del Modelo II se estimó en base a la siguiente expresión de Johnson, et al (1955).

$$\sigma_f^2 = \sigma_e^2/r + \sigma_g^2$$

En base a los componentes de variación se computó la heredabilidad, la cual es la proporción de la variación entre individuos o líneas que es debida a las diferencias genéticas entre ellas. La heredabilidad puede ser computada de muchas maneras diferentes. La comparación de  $\sigma_g^2$  es diferente para heredabilidad en el sentido estrecho y amplio.

La estimación para la heredabilidad en sentido amplio  $\sigma_g^2$  incluye las varianzas aditiva, dominancia y epistasis ( $\sigma_A^2$ ,  $\sigma_D^2$  y  $\sigma_I^2$ ). El denominador en la ecuación de la heredabilidad es la varianza fenotípica ( $\sigma_f^2$ )

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$$

La estimación del error estandar de la heredabilidad se hizo en base a la fórmula propuesta por Hallauer y - - Miranda (1980).

$$EE(h) = \frac{EE(\sigma_g^2)}{\sigma_f^2}$$

$$\text{Donde: } EE(\sigma_g^2) = \sqrt{2/r^2 \left[ M_2^2/t+1 + M_1^2/(r-1)(t-1) + 2 \right]}$$

Para los análisis de varianza combinados las Esperanzas de los Cuadrados Medios se estimaron de la siguiente manera:

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	ESPERANZA DE LOS CUADRADOS MEDIOS
Medios	a - 1		
Rep/Medios	a(r - 1)		
Tratamientos	t - 1	M <sub>3</sub>	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ga}^2 + r\sigma_g^2$
Trat. x Medios	(t-1)(a-1)	M <sub>2</sub>	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ga}^2$
Error	a(t-1)(r-1)	M <sub>1</sub>	$\sigma_e^2$

Donde:

$$\text{CME} = M_1 = \sigma_e^2$$

$$\text{CMTRxA} = M_2$$

$$\text{CMTR} = M_3$$

Por lo tanto:

$$\sigma_{ga}^2 = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

$$\sigma_g^2 = \frac{M_3 - M_2}{ra}$$

El cálculo de la varianza fenotípica se estimó en base a la expresión de Johnson, et al (1955).

$$\sigma_f^2 = \frac{\sigma_e^2}{ra} + \frac{\sigma_{ga}^2}{r} + \sigma_g^2$$

En base a los componentes de variación se computó la heredabilidad en sentido amplio siendo el denominador la varianza fenotípica.

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$$

El error estandar de la heredabilidad se estimó en base a la siguiente fórmula:

$$EE(h) = \frac{EE(\sigma_g^2)}{\sigma_f^2}$$

Donde:

$$EE(\sigma_g^2) = \sqrt{2/(rt)^2 \left[ M_3^2/t+1 + M_2^2/(t-1)(a-1) + 2 \right]}$$

El coeficiente de variación genético se estimó en base a la siguiente fórmula:

$$CV_g = \sqrt{\sigma_g^2 / \bar{X}} \times 100$$

Donde:

$\bar{X}$  = valor medio de las características

t = número de tratamientos

r = número de repeticiones

a = número de medios

$\sigma_e$  = varianza del error experimental

$\sigma_{ga}$  = varianza de la interacción genotipos y ambientes

$\sigma_g$  = varianza genotípica

$\sigma_f$  = varianza fenotípica

$h^2$  = heredabilidad en sentido amplio

EE( $\sigma_g$ ) = error estándar de la varianza genotípica

EE( $h^2$ ) = error estándar de la heredabilidad

Las correlaciones fenotípicas se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$r_f = \sigma_{fxy} / \sqrt{\sigma_{fx}^2 \sigma_{fy}^2}$$

Donde:

$\sigma_{fxy}$  = covarianza fenotípica

## R E S U L T A D O S

### Resultados en los experimentos a nivel plántula

Veinte genotipos diferentes de frijol se incluyeron para estudiar ciertas características de plántula en dos medios de cultivo.

### Resultados del experimento en plántula desarrolladas en cajas de Petri

Las medias de las cinco características estudiadas en plántulas sembradas en cajas Petri se presentan en el Cuadro 1.

La media para cada una de las características en plántulas de frijol desarrolladas en cajas de Petri son: para número de raíces 10.1, para longitud total de raíces 24.9 cm para longitud de raíz principal 4.5 cm, para altura de plántula 11.9 cm y para peso de 100 semillas 21.8 g.

Como puede observarse en el Cuadro 1 las variedades - Campeón y Pinto Americano son superiores a la media de las 5 características y las variedades Agramejo, Agrarista, Ciateño, Flor de Mayo y las líneas LEF-3-RB y II-1-F-T-96-3-1-6-U presentan valores superiores a la media en cuatro características.

Los cuadrados medios (C.M.) de los análisis de varian-za para las características, número de raíces, longitud to-tal de raíces, longitud de la raíz principal, altura de -

CUADRO 1. MEDIAS DE LAS CARACTERISTICAS DE PLANTULA DESARROLLADAS EN CAJAS PETRI

VARIEDAD Y/O	NUMERO DE RAICES	LONG. TOTAL DE RAICES (cm)	LONG. DE LA RAIZ PRINC. (cm)	ALTURA DE PLANTULA (cm)	PESO DE 100 SEMILLAS (g)
Campeón	16.7	65.7	7.9	15.9	35.8
Pinto Americano	13.67	43.0	7.1	18.0	33.2
Flor de Mayo	11.9	23.5	4.4	14.0	30.6
LEF-25-RB	6.7	7.2	2.1	5.8	19.8
Navidad-1165	9.3	18.6	5.8	11.2	26.8
II-1-F-T-96-3-1-6-U	11.3	37.7	5.6	10.8	25.2
III-6-F-T-95-1-U	6.6	10.9	1.9	6.2	21.8
Río Grande	8.0	9.4	2.7	7.3	21.7
Mantequilla	9.2	17.0	3.7	12.8	21.1
Mulato	7.1	9.1	2.7	7.5	20.5
III-36-F-T-4-1-U	4.5	7.1	2.9	5.3	19.5
Azabache	11.6	34.7	6.3	9.2	18.8
LEF-3-RB	10.6	30.3	5.5	14.9	18.4
III-5-F-T-211-1-U	10.1	22.2	4.3	12.7	18.4
Pinto Norteño	6.7	10.1	2.5	7.7	16.4
Agramejo	14.4	44.0	6.6	21.3	16.1
Agrarista	12.0	26.1	4.5	13.9	15.5
Ciateño	12.4	41.4	4.5	18.5	15.4
Delicias-71	8.6	14.7	3.9	12.2	15.3
Jamapa	1.5	1.6	1.0	2.1	15.2
SX	0.62	3.20	0.53	1.01	0.40



plántula y peso de 100 semillas, se presentan en el Cuadro 2. En este se observa que hubo diferencia significativa al nivel de 1 por ciento de probabilidad para las 5 características.

En lo que respecta a los coeficientes de variación del error hubo una gran diferencia ya que varió de 8.22 (peso de 100 semillas) a 60,37 (longitud total de raíces) (Cuadro 2).

Con la información de los análisis de varianza se estimaron varios parámetros genéticos, basados en el modelo II o al azar (Cuadro 3).

La heredabilidad se estimó en sentido amplio tomándose en cuenta toda la varianza genética y la varianza fenotípica presentando valores altos con un rango que varió de 72.99 por ciento para altura de plántula a 97.37 por ciento para peso de 100 semillas.

El coeficiente de variación genético varió de 28.88 por ciento para peso de 100 semillas a 57.45 por ciento para longitud total de raíces.

En el Cuadro 4 se presentan las estimaciones de los coeficientes de correlación fenotípica entre las 5 características agronómicas de los 20 genotipos evaluados en cajas de Petri.

#### Resultados del experimento en plántulas sembradas en cajas de "hielo seco"

Las medias de las 6 características estudiadas en - - plántulas de frijol cultivadas en cajas de "hielo seco" para transplante, se observan en el Cuadro 5.

CUADRO 2. CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA DIFERENTES CARACTERISTICAS -  
DE PLANTULAS EN CAJAS DE PETRI

FUENTES DE VARIACION	NUMERO DE RAICES	LONG. TOTAL DE RAICES (cm)	LONG. DE LA RAIZ PRINC. (cm)	ALTURA DE PLANTULA (cm)	PESO DE 100 SEMILLAS (g)
Repeticiones	2.28 ns	193.83 ns	3.04 ns	63.64 ns	1.56 ns
Tratamientos	39.36 **	819.17 **	10.73 **	75.09 **	122.16 **
Error	7.82	205.21	2.22	20.27	3.20
C.V. (%)	28.92	60.37	34.73	39.63	8.22

\*\* Significativo al 1 por ciento

ns No significativo

CUADRO 3. PARAMETROS GENETICOS DE LAS CARACTERISTICAS ESTUDIADAS EN CAJAS DE PETRI

PARAMETROS GENETICOS	NUMERO DE RAICES	LONG. TOTAL DE RAICES - cm	LONG. DE LA RAIZ PRINC. cm	ALTURA DE PLANTULA cm	PESO DE 100 SEMILLAS -- g
$\sigma_e^2$	7.82	205.21	2.22	20.27	3.20
$\sigma_g^2$	10.51	204.65	2.83	18.27	39.65
$\sigma_f^2$	13.12	273.05	3.57	25.03	40.72
$h^2$ (%)	80.11	74.95	79.27	72.99	97.37
EE ( $h^2$ )	30.03	31.36	29.76	31.44	30.86
C.V.g (%)	32.09	57.45	37.38	35.92	28.88

CUADRO 4. CORRELACIONES FENOTIPICAS PARA CARACTERISTICAS DE PLANTULA EN CAJAS DE PETRI

	NUMERO DE RAICES	LONG. TOTAL DE RAICES	LONG. DE LA RAIZ PRINC.	ALTURA DE PLANTULA	PESO DE 100 SEMILLAS
Número de raíces		0.928	0.896	0.889	0.375
Long. total de raíces			0.908	0.797	0.370
Long. de la raíz princ.				0.783	0.404
Altura de plántula					0.134

CUADRO 5. MEDIAS DE LAS CARACTERISTICAS DE PLANTULA SEMBRADAS EN CAJAS DE "HIELO SECO"

VARIEDAD Y/O	NUMERO DE RAICES	LONG. TOT. DE RAICES (cm)	LONG. DE LA RAIZ PRINC. (cm)	ALTURA AL COTILEDON (cm)	ALTURA DE PLANTULA (cm)	PESO DE 100 SEMILLAS (g)
Campeón	13.1	51.3	7.1	4.9	16.6	35.8
Pinto Americano	8.1	87.5	17.2	5.5	11.1	33.2
Flor de Mayo	9.2	49.2	7.8	5.0	12.1	30.6
LEF-25-RB	7.5	48.1	7.9	4.6	11.4	29.8
Navidad-1165	7.9	42.7	7.5	4.2	10.5	26.8
II-1-F-T-96-3-1-6-U	4.8	29.7	6.8	3.7	8.0	25.2
III-6-F-T-95-1-U	7.8	44.0	7.3	4.2	8.0	21.8
Río Grande	8.9	48.9	8.9	4.8	12.7	21.7
Mantequilla	7.3	42.7	6.5	4.9	9.5	21.1
Mulato	10.9	55.5	10.3	5.1	13.2	20.5
III-36-F-T-4-1-U	8.1	55.5	16.9	4.3	9.0	19.5
Azabache	15.1	45.9	9.0	3.9	10.0	18.8
LEF-3-RB	5.0	33.3	12.6	3.0	7.2	18.4
III-5-F-T-211-1-U	6.7	63.6	15.7	3.9	12.1	18.4
Pinto Norteño	9.5	52.9	8.3	4.3	9.1	16.4
Agramejo	7.9	50.6	7.0	5.0	13.1	16.1
Agrarista	9.3	36.3	6.6	4.0	10.0	15.5
Ciateño	15.3	51.3	5.3	3.6	8.5	15.4
Delicias	6.7	46.8	8.8	2.7	11.3	15.3
SX	0.57	1.46	0.39	0.07	0.15	0.41

NOTA: La variedad Jamapa no se evaluó en este medio ya que no germinó.

La media de la suma de las características de los genotipos sobre el número de genotipos es de: 8.9 para número de raíces, de 49.3 cm para longitud total de raíces, de 9.3 cm para longitud de la raíz principal, de 4.3 cm para altura al cotiledón, de 10.7 cm para altura de plántula y de 22.1 g para peso de 100 semillas, sobresaliendo la media en 5 de estas características las variedades Mulato, Campeón y Pinto Americano y en 4 de ellas la variedad Flor de Mayo (Cuadro 5).

Los cuadrados medios de los análisis de varianza para las 6 características estudiadas en plántula en cajas de "hielo seco", se presentan en el Cuadro 6.

En éste se observa que hubo diferencias altamente significativas (1% de probabilidad), para todas las características excepto altura al cotiledón no fue significativa

Los coeficientes de variación del error presentaron un rango de 6.54 por ciento para altura de plántula a 18.73 por ciento para número de raíces.

Utilizando los cuadrados medios de los análisis de varianza de cada una de las características estudiadas se estimaron varios parámetros genéticos en base al Modelo II o al azar.

Para la obtención de la heredabilidad se estimó la heredabilidad en sentido amplio, para la cual se considera toda la varianza genética sobre la varianza fenotípica, observándose (Cuadro 7) un rango entre heredabilidades de - 89.61 para número de raíces a 97.23 para peso de 100 semillas.

El coeficiente de variación genético tuvo un rango de 16.36 por ciento para altura de plántula a 37.14 por ciento para longitud de la raíz principal.

CUADRO 6. CUADROS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA CADA UNA DE LAS CARACTERISTICAS ESTUDIADAS EN CAJAS DE "HIELO SECO"

FUENTES DE VARIACION	NUMERO DE RAICES	LONG. TOTAL DE RAICES - (cm)	LONG. DE LA RAIZ PRINC. (cm)	ALTURA AL COTILEDON (cm)	ALTURA DE PLANTULA (cm)	PESO DE 100 SEMILLAS (g)
Repeticiones	1.51 ns	4.85 ns	0.98 ns	0.05 ns	1.10 ns	1.39 ns
Tratamientos	26.38 **	451.92 **	39.01 **	1.60 ns	9.30 **	121.31 **
Error	2.74	42.68	2.99	0.11	0.47	3.37
C.V. (%)	10.73	13.26	18.53	7.73	6.54	8.30

\*\* Significativos al 1 por ciento  
ns No significativo

CUADRO 7. PARAMETROS GENETICOS ESTIMADOS PARA LAS CARACTERISTICAS DE PLANTULAS EN CA-  
JAS DE "HIELO SECO"

PARAMETROS GENETICOS	NUMERO DE RAICES	LONG. TOTAL DE RAICES (cm)	LONG. DE LA RAIZ PRINC. (cm)	ALTURA AL COTILEDON (cm)	ALTURA DE PLANTULA (cm)	PESO DE 100 SEMILLAS (g)
$\sigma_e^2$	2.74	42.68	2.99	0.11	0.47	3.37
$\sigma_g^2$	7.88	136.41	12.01	0.50	2.94	39.31
$\sigma_f^2$	8.79	150.64	13.01	0.53	3.10	40.43
$h^2$ (%)	89.61	90.55	92.31	94.00	94.64	97.23
EE(h <sup>2</sup> )	31.72	31.70	31.65	31.65	31.64	31.63
C.V. g(%)	31.75	23.71	37.14	16.48	16.36	28.36



En el Cuadro 8 se presentan los coeficientes de correlación fenotípica entre las 6 características agronómicas de los 19 genotipos evaluados en cajas de "hielo seco".

En el Cuadro 9 se presentan los cuadrados medios (C.M.) de los análisis de varianza combinados entre los dos medios (cajas de Petri y cajas de "hielo seco") para 4 de las características evaluadas en estado de plántula.

En este cuadro (Cuadro 9) se observan diferencias altamente significativas (1 por ciento de probabilidad) para medios en tres características, número de raíces, longitud total de raíces y longitud de la raíz principal y para altura de plántula se encontró diferencia significativa al nivel de 5 por ciento de probabilidad.

En tratamientos fueron significativos al nivel de 1 por ciento de probabilidad para número de raíces, longitud total de raíces, longitud de la raíz principal y para altura de plántula. Encontrándose también diferencias altamente significativas (1 por ciento de probabilidad) en la interacción de tratamientos por medios.

El coeficiente de variación del error varió de 23.68 por ciento para longitud de la raíz principal a 30.69 por ciento para longitud total de raíces.

Con los datos obtenidos en los análisis de varianza combinado se estimaron los parámetros genéticos en base al modelo II. (Cuadro 10).

La heredabilidad para las 4 características evaluadas en los análisis combinados varió de 9.54 para longitud de la raíz principal a 53.38 para número de raíces obteniéndose también el error estandar de la heredabilidad el cual comprendió un rango de 42.71 para número de raíces y 61.76 para longitud de la raíz principal.

CUADRO 8. CORRELACIONES FENOTIPICAS PARA CARACTERISTICAS DE PLANTULAS SEMBRADAS EN CA-  
 JAS DE "HIELO SECO"

	NUMERO DE RAICES	LONG. TOTAL DE RAICES (cm)	LONG. DE LA RAIZ PRINC. (cm)	ALTURA AL COTILEDON (cm)	ALTURA DE PLANTULA (cm)	PESO DE 100 SEMILLAS (g)
Número de raíces		0.196	-0.286	0.202	0.285	0.005
Long. total de raíces			0.634	0.507	0.436	0.293
Long. de la raíz principal				0.057	0.049	0.083
Altura al cotiledón					0.549	0.556
Altura de plántula						0.222

CUADRO 9. CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS COMBINADOS

FUENTES DE VARIACION	NUMERO DE RAICES	LONG. TOTAL DE RAICES (cm)	LONG. DE LA RAZ PRINC. (cm)	ALTURA DE PLANTULA (cm)
Medios	45.35 **	16914.12 **	675.01 **	52.96 *
Repeticiones/Medios	1.73 ns	100.97 ns	1.97 ns	26.83 ns
Tratamientos	36.59 **	676.48 **	25.09 **	39.15 **
Tratamientos x Medios	19.55 **	554.20 **	23.35 **	34.37 **
Error	5.49	129.51	2.67	10.93
C.V. %	24.74	30.69	23.68	29.62

\* Significativo al 5% de probabilidad

\*\* Significativo al 1% de probabilidad

ns No significativo

CUADRO 10. PARAMETROS GENETICOS DE LOS ANALISIS COMBINADOS EN PLANTU-  
LAS

PARAMETROS GENETICOS	NUMERO DE RAICES	LONG. TOTAL DE RAICES (cm)	LONG. DE LA RAIZ PRINC. (cm)	ALTURA DE PLANTULA (cm)
$\sigma_e^2$	5.49	129.51	2.67	10.93
$\sigma_{ga}^2$	4.69	141.56	6.89	7.81
$\sigma_g^2$	2.84	20.38	0.29	0.80
$\sigma_f^2$	5.32	89.16	3.04	5.23
$h^2$ (%)	53.38	22.86	9.54	15.30
EE ( $h^2$ )	42.71	22.86	61.76	54.49
C.V. g (%)	17.80	12.17	7.80	8.01

El coeficiente de variación genética varió de 7.80 para longitud de la raíz principal a 17.80 para número de raíces.

### Resultados de los experimentos de planta adulta

#### Resultados del experimento en planta adulta de frijol con 20 variedades

En el Cuadro 11, se presentan las medias de diferentes características en estado de planta adulta.

Para las características evaluadas en planta adulta, con respecto a sus medias tenemos genotipos sobresalientes como son: Navidad-1165, Agramejo y la línea LEF-3-RB en 8 de las características evaluadas, también fueron sobresalientes en 7 de ellas, las variedades Campeón, Pinto Americano, Mantequilla y Ciateño.

La pérdida de agua en las hojas cortadas después de 72 horas de cosechadas varió de 0.92 g (Navidad-1165) a 1.01 g (Delicias-71) y dos variedades registraron menor pérdida de agua en los tres tiempos medios (24, 48 y 72 horas), las cuales fueron Agramejo y Navidad-1165.

Las variedades Navidad-1165 (0.92 g), Agramejo (0.92 g) Ciateño (0.92 g), Pinto Americano (0.93 g) y la línea LEF-3-RB (0.93 g) registraron menor pérdida de agua en las hojas cortadas después de 72 horas indicando mecanismos de mayor retención de agua en las hojas. Otras variedades como Delicias 71 (1.01), Río Grande (0.99) y la línea LEF-25-RB (0.99) perdieron respectivamente mayor humedad en las hojas cortadas.

En el Cuadro 12 se presentan las medias y rangos de los 5 genotipos sobresalientes en el mayor número de características estudiadas en planta adulta superiores a la me-

CUADRO 11. MEDIAS DE DIFERENTES CARACTERISTICAS EN PLANTA ADULTA DE 20 GENOTIPOS

VARIIDADES Y/O LINEAS	PESO VERDE DE TALLO	PESO SECO DE TALLO	PESO HMEDO DEL FOLLAJE	HUMEDAD 24 hrs. 48 hrs. 72 hrs.	PERDIDA	PESO SECO DE RIZ	RELACION RAIZ/FOLLAJE	ALTURA DE PLANTA	PESO SECO TOTAL	PES. DE 100 SEMILLAS
Delicias-71	27.27	4.20	25.07	0.831	0.936	1.014	1.35	0.355	5.53	15.27
Pinto Norteño	28.15	6.00	22.33	0.764	0.877	0.950	1.27	0.205	7.27	16.33
Agrarajo	39.26	9.67	29.60	0.781	0.846	0.925	1.80	0.186	11.47	16.03
Agrarista	41.90	9.50	32.40	0.810	0.894	0.954	1.87	0.201	11.37	15.42
Ciateño	39.60	10.20	24.40	0.780	0.859	0.925	1.80	0.178	12.00	15.37
Junapa	20.90	4.07	16.83	0.806	0.722	0.979	1.27	0.301	5.53	15.15
III-36-F-T-4-1-U	38.07	6.10	31.97	0.826	0.914	0.982	1.65	0.277	7.75	19.47
Río Grande	32.80	6.40	26.40	0.813	0.919	0.995	1.40	0.220	9.67	21.67
LEF-3-RB	48.07	12.17	35.90	0.792	0.861	0.926	1.70	0.140	15.87	18.45
III-5-F-T-211-1-U	29.80	5.53	24.27	0.818	0.908	0.969	1.47	0.315	7.00	18.43
Acabache	41.70	7.73	33.97	0.792	0.880	0.945	1.43	0.211	9.17	18.85
III-6-F-T-95-1-U	39.20	9.20	30.00	0.817	0.896	0.957	1.80	0.212	11.00	21.87
Mulato	44.67	9.13	35.53	0.807	0.920	0.989	2.20	0.239	11.33	20.53
Mantequilla	42.00	8.20	33.80	0.810	0.892	0.958	2.00	0.250	10.20	21.07
II-1-F-T-96-3-1-6-U	33.87	8.07	25.80	0.802	0.882	0.948	2.00	0.249	10.07	25.21
Pinto Americano	42.47	10.87	31.60	0.794	0.874	0.938	1.87	0.179	38.00	35.20
LEF-25-RB	29.87	6.83	23.03	0.826	0.923	0.992	1.60	0.282	36.00	29.87
Navidad-1165	44.80	12.93	31.87	0.776	0.845	0.921	2.07	0.162	35.53	26.80
Campeón	37.13	7.67	29.47	0.782	0.883	0.956	2.60	0.338	10.27	35.87
Flor de Mayo	33.80	8.07	25.73	0.809	0.896	0.983	1.80	0.222	9.87	30.63
$\bar{X}$	36.77	8.13	28.65	0.800	0.890	0.960	1.75	0.240	9.97	21.77
Sx	3.45	0.43	3.15	0.005	0.007	0.005	0.09	0.022	0.45	0.40

CUADRO 12. MEDIAS Y RANGOS DE LOS GENOTIPOS SOBRESALIENTES EN PLANTA ADULTA

VARIEDADES Y/O LINEAS	M E D I A S					PESO SECO DE RAÍZ	RELACION RAÍZ:FOLLAJE	ALTURA DE PLANTA	PESO SECO TOTAL	VLS. de SEMI.
	PESO VERDE DE TALLO	PESO SECO DE TALLO	PESO HIMEYO DE FOLLAJE	HUMEDAD PERDIDA 24 hrs.	48 hrs.					
Agramajo	39.26	9.67	29.60	0.781	0.846	0.923	1.60	0.188	11.47	11.07
Navidad-1165	44.80	12.43	31.87	0.776	0.845	0.921	2.07	0.162	15.00	26.80
LEF-3-RB	48.07	12.17	35.90	0.792	0.861	0.926	1.70	0.140	13.87	16.43
Montequilla	42.00	8.20	33.80	0.810	0.892	0.954	2.00	0.250	10.20	21.07
Campeón	37.13	7.67	29.47	0.782	0.883	0.954	2.60	0.338	10.27	35.87

  

R A N G O S											
Agramajo	38.4-42.8	7.0-12.2	27.8-30.6	0.76-0.80	0.81-0.87	0.91-0.93	1.2-2.4	1.15-0.25	27-43	8.2-14.0	16.0-16.1
Navidad 1165	37.4-50.6	9.2-15.2	28.2-35.4	0.75-0.80	0.83-0.87	0.90-0.94	1.6-2.6	0.13-0.18	25-39	10.8-17.2	26.0-27.0
LEF-3-RB	41.6-53.8	10.5-14.4	30.0-39.4	0.79-0.79	0.83-0.90	0.89-0.97	1.3-2.2	0.11-0.19	42-43	11.8-16.0	18.3-18.6
Montequilla	37.4-45.6	6.8-9.0	30.6-36.6	0.79-0.82	0.87-0.91	0.94-0.98	1.4-2.4	0.16-0.32	35-42	9.0-11.4	19.9-22.6
Campeón	34.6-40.8	7.2-9.0	26.8-33.6	0.75-0.82	0.87-0.91	0.94-0.97	2.2-2.8	0.31-0.36	33-41	9.4-10.8	26.4-40.0

media, como puede observarse existe una gran variación entre medias y entre rangos en estos genotipos.

En el Cuadro 13 están los cuadrados medios de los análisis de varianza para cada una de las características estudiadas en las cuales 6 de ellas son altamente significativas (peso verde de tallo, peso seco de tallo, peso húmedo de follaje, humedad perdida a las 72 horas, peso seco total y peso de 100 semillas). También se observan los coeficientes de variación, los cuales están dentro de un margen aceptable, ya que entre menor sea, nos indica confiabilidad en nuestros datos.

En el Cuadro 14 se puede observar los parámetros genéticos estimados de los análisis de varianza, obtenidos de las variables evaluadas en base al Modelo II.

Los caracteres peso verde de tallo, peso seco de tallo, humedad perdida a las 72 horas, peso seco total y peso de 100 semillas registraron entre 71.29 por ciento a 97.43 por ciento de heredabilidad en sentido amplio (Cuadro 14) indicando mayor facilidad para mejorar estas características - por selección.

Cuatro características tales como: peso seco de raíz, relación raíz/follaje, humedad perdida a las 48 horas y peso húmedo del follaje variaron de 40.00 por ciento a 68.84 por ciento mostrando heredabilidad en sentido amplio moderada o intermedia.

En el Cuadro 15 se dan las correlaciones fenotípicas de las 11 variables estudiadas, donde podemos observar que existe correlación positiva entre peso verde de tallo con peso seco de tallo ( $r=0.867$ ). Peso seco de tallo presentó correlación positiva con peso húmedo del follaje ( $r=0.721$ ) y con peso seco total ( $r=0.984$ ). Peso húmedo del follaje con peso seco total ( $r=0.731$ ). Humedad perdida a las 24 -



CUADRO 13. CUADROS MEDIOS Y C.V. DE CARACTERISTICAS EN PLANTA ADULTA DE 20 GENOTIPOS

FUENTE DE VARIACION	PESO VERDE DE TALLO	PESO SECO DE TALLO	PESO HEMEO DE FOLLAJE	HUMEDAD PERDIDA 24 hrs. 48 hrs. 72 hrs.	PESO SECO DE RAIZ	RELACION RAIZ/FOLLAJE	ALTURA DE PLANTA	PESO SECO TOTAL	PESO DE 100 SEMILLAS	
Repeticiones	86.12 ns	6.05 ns	47.36 ns	0.0005**	0.001ns	0.0005ns	0.04**	98.55*	6.00ns	1.45 ns
Tratamientos	147.29 **	17.36 **	76.73 **	0.0008ns	0.0021*	0.0021**	0.01ns	38.16ns	19.73**	122.90 **
Error	42.28	3.75	26.55	0.0007	0.0009	0.0007	0.01	25.80	4.61	3.28
C.V.:	17.66	23.82	17.98	3.29	3.36	2.76	41.66	14.27	21.54	6.32

\*\* Significativo al 1 por ciento

\* Significativo al 5 por ciento

ns No significativo

CUADRO 14. PARAMETROS GENETICOS LN PLANTA ADULTA DE 20 GENOTIPOS

PARAMETROS GENETICOS	PESO VERDE DE TALLO	PESO SECO DE TALLO	PESO HINCHO DE FOLLAJE	HUMEDAD PERDIDA 24 hrs. 48 hrs. 72 hrs.	PESO SECO DE RAIZ	RELACION RAIZ/FOLLAJE	ENTERA DE PLANTA	PESO SECO TOTAL	PESO DE : SEJILLS		
e	42.28	5.75	26.55	0.0007	0.0009	0.0007	0.19	0.005	25.50	4.61	5.28
g	55.00	4.54	16.75	0.0003	0.0004	0.0005	0.05	0.062	4.12	5.04	39.89
ef	49.09	5.79	25.57	0.00026	0.0007	0.0007	0.11	0.004	12.72	6.56	40.96
$h^2$ (t)	71.29	78.41	65.43	11.54	57.14	71.43	45.45	50.00	30.59	76.60	97.34
EE(%)	15.47	1.81	8.15	0.30	0.47	0.0002	0.074	0.017	4.57	2.06	12.02
C.V.g(t)	16.09	26.21	14.28	0.66	2.24	2.35	12.78	18.65	5.70	25.52	29.01



horas presentó correlación positiva y significativa con humedad perdida a las 48 y 72 horas ( $r=0.907$  y  $r=0.865$  respectivamente) y humedad perdida a las 48 horas con humedad perdida a las 72 horas ( $r=0.977$ ).

### Resultados del experimento en planta adulta de frijol con 10 genotipos

Los 10 genotipos utilizados en este experimento fueron los materiales con características sobresalientes en los experimentos a nivel plántula en los dos medios de cultivo y en el experimento con 20 genotipos a nivel planta adulta. Este experimento se llevó a cabo con la finalidad de corroborar los resultados en el experimento anterior de planta adulta.

En el Cuadro 16 se observan las medias de las variedades estudiadas en los 10 genotipos. En lo que respecta a los materiales sobresalientes en cuanto a su media los podemos observar en el Cuadro 17 en donde la línea LEF-3-RB es superior a la media en 9 características de las 12 estudiadas, Azabache, Pinto Americano y la línea II-1-F-T-96-3-1-6-U en 8 características y Pinto Norteño en 7 de ellas, - también se incluyeron en el Cuadro los rangos de estas 4 variedades y de la línea.

En el Cuadro 18 están los cuadrados medios de los análisis de varianza de las 12 características evaluadas de los 10 materiales de frijol estudiados y el coeficiente de variación en todas las características. Utilizándose la prueba de F para diferencias los tratamientos solamente se encontró significancia al 5 por ciento en el carácter humedad perdida a las 24 horas, las demás características fueron no significativas.

CUADRO 16. MEDIAS DE LAS CARACTERISTICAS EVALUADAS EN 10 GENOTIPOS DE PLANTA ADULTA

VARIETADES Y/C LINEAS	ALTURA DE PLANTA cm	PESO VERDE DE HOJAS		PESO SECO DE HOJAS		PESO SECO VAINAS Y RAJAS		PESO SECO TOTAL		RELACION RAIZ/FOLLAJE	HUMEDAD PERDIDA	
		g	g	g	g	g	g	g	g		24 hrs.	48 hrs.
Carpeón	66.25	26.63	6.60	2.30	5.50	53.30	14.40	0.40	39.25	59.23	76.62	
Navidad-1165	57.50	31.13	5.55	3.36	5.35	61.23	15.40	0.61	36.06	56.10	75.28	
Pinto Americano	62.75	38.20	7.10	4.85	8.48	82.15	20.40	0.67	20.20	45.53	58.08	
Acabache	65.75	37.08	6.30	4.55	6.20	70.55	70.55	0.44	19.13	40.98	68.78	
LEF-3-RB	62.50	33.38	7.40	5.26	5.83	68.63	16.50	0.80	40.98	54.85	68.78	
IJ-1-F-T-96-3-1-6-U	62.50	37.83	8.55	5.68	7.25	72.28	21.48	0.66	29.85	42.55	60.23	
Ciateño	50.00	26.20	4.53	2.56	4.40	49.28	11.33	0.77	37.76	56.66	70.60	
Agramejc	53.75	36.60	7.50	2.53	6.48	68.18	16.46	0.35	28.35	45.65	61.90	
Pinto Norteño	56.25	38.23	7.48	5.48	5.55	67.73	16.53	0.81	24.40	39.25	53.58	
Agrarista	45.00	41.28	9.95	4.00	5.48	68.05	19.38	0.42	27.65	44.68	59.13	
$\bar{x}$	58.00	34.65	7.29	4.06	6.05	66.14	17.22	0.60	30.44	48.74	64.04	
S $\bar{x}$	3.03	2.59	0.25	0.77	0.90	5.68	2.62	0.13	0.55	0.25	0.22	

CUADRO 17. MEDIAS Y RANGOS DE LOS GENOTIPOS SOBRESALIENTES EN PLANTAS ADULTAS

VARIETADES Y/C LINEAS	ALTURA DE PLANTA cm	M E D I A S					PESO SECO RAIZ VAJAS g.	PESO FRESCO PLT. TOTAL g	PESO SECO TOTAL g	RELACION RAIZ/FOLLAJE	HUMEDAD PERDIDA	
		PESO VERDE DE HOJAS g	PESO SECO DE HOJAS g	PESO SECO DE RAIZ g	PESO SECO TOTAL g	24 hrs.					48 hrs.	
LEF-3-RB	62.50	33.38	7.40	5.28	5.55	66.63	18.50	0.80	40.96	54.85	65.74	
Azabache	63.75	37.08	8.30	4.55	6.20	70.55	18.12	0.55	19.15	40.98	56.20	
Pinto Americano	62.50	38.20	7.10	4.85	8.45	82.15	20.40	0.67	20.20	45.33	58.06	
II-1-F-3-6-1-6-U	62.50	37.83	8.56	5.68	7.28	72.25	21.46	0.68	29.83	42.55	60.23	
Pinto Noruego	56.25	38.23	7.48	5.48	5.55	67.73	16.53	0.81	24.40	39.35	53.56	
R A N G O S												
LEI-3-RB	55.0-75.0	26.08-42.7	4.3-10.0	2.3-12.8	3.8-10.3	50.5-81.5	15.2-23.0	0.25-2.03	21.9-71.9	30.5-85.4	42.7-100	
Azabache	60.0-70.0	27.0-45.3	4.3-16.3	2.0- 8.7	3.3- 8.5	49.3-81.5	9.3-31.2	0.44-0.75	7.3-24.1	34.5-46.6	47.1-65.0	
Pinto Americano	60.0-70.0	28.3-46.7	4.2-10.0	1.7- 6.7	4.3-10.7	55.8-96.5	10.2-26.0	0.41-0.92	12.4-28.3	36.7-55.1	55.9-62.9	
II-1-F-96-3-1-6-U	60.0-70.0	31.2-47.0	6.2-10.0	2.7- 7.8	4.3-10.8	53.5-96.7	13.7-28.5	0.40-1.08	19.8-43.4	37.5-55.7	53.7-61.0	
Pinto Noruego	40.0-70.0	33.3-43.3	5.3-10.0	3.3- 9.0	4.7- 6.0	64.0-74.7	16.3-21.8	0.45-1.70	20.0-30.9	28.5-45.6	39.7-63.5	

CUADRO 18. CUADRADOS MEDIOS DE LOS 11 CARACTERES EVALUADOS EN 10 VARIETADES DE FRIJOL

FUENTES DE VARIACION	G.L.	ALTURA DE PLANTA	PESO VERDE DE HOJAS	PESO SECO DE HOJAS	PESO SECO DE RAIZ	PESO SECO RAMAS Y VAINAS	PESO FRESCO PLANTA TOT.	PESO SECO TOTAL	RELACION RAIZ/FOLLAJE	HUMEDAD PERDIDA 24 hrs.	HUMEDAD PERDIDA 48 hrs.	72 hrs.
Tratamientos	9	185.00 ns	106.17 ns	9.30 ns	6.70 ns	5.21 ns	357.04 ns	41.01 ns	0.11 ns	2.81*	1.05 ns	1.00 ns
Repeticiones	3	81.67 ns	30.92 ns	22.14 ns	9.28 ns	10.67 ns	86.67 ns	21.65 ns	0.20 ns	1.31 ns	3.30**	2.83**
Error	27	91.85	67.01	8.94	5.95	8.12	322.63	42.15	0.16	1.10	0.63	0.50
Total	39	162.59	105.83	14.50	9.22	11.04	451.27	58.21	0.22	2.18	1.35	1.15
C.V. †		16.52	23.62	41.01	60.08	47.10	27.16	37.69	66.67	19.10	11.49	8.91

\*\* Significancia al 1 por ciento

\* Significancia al 5 por ciento

ns No significativo

## D I S C U S I O N

### Discusión de los resultados a nivel plántula

Las plántulas de los genotipos cultivadas en cajas Petri presentaron un rango de variación amplio con respecto a sus medias para las características estudiadas del sistema radical, esto fué debido a las diferencias genotípicas y al medio en el que se sembraron los genotipos siendo papel filtro humedecido con agua destilada lo que ocasionó un arraigo deficiente propiciando que las plántulas se doblaran, quedando las raíces fuera del medio las cuales se secaron. Otra consecuencia para que no desarrollara un sistema radical eficiente, fue el volumen reducido de las cajas de Petri por lo que se presentó una competencia por espacio, dando origen a raíces de grosor anormal y cortas. Además la plántula presentó una elongación fuera de lo normal debido al número de semillas sembradas (10 semillas/caja) y a la cantidad de luz inadecuada para un desarrollo normal.

El análisis de varianza reportó en la fuente de variación, tratamientos donde las características fueron altamente significativas lo que indica un comportamiento diferencial de los genotipos para las condiciones en donde se desarrollaron, dando origen a la gran variación entre los caracteres estudiados debido a que algunos materiales fueron obtenidos por medio de cruzamiento y otros por selección de material criollo, además sus diferentes hábitos de crecimiento.



Los coeficientes de variación obtenidos en el estudio de cada una de las características evaluadas, siendo altos para investigaciones llevadas a cabo en laboratorio, lo cual se debió al efecto del manejo del medio de cultivo en donde se desarrolló el sistema radical y la parte aérea de la plántula, dando origen a que el error experimental fuera alto.

A partir de los análisis se estimaron la varianza del error, la genotípica y la fenotípica, la heredabilidad en sentido amplio, el error estandar de la heredabilidad y el coeficiente de variación genético para cada una de las características estudiadas. La varianza del error presentó valores altos debido a la amplia reacción interna de las características entre los genotipos en el medio cultivado, lo que no facilitó su adaptación, consecuentemente la varianza fenotípica tuvo valores altos.

La heredabilidad en sentido amplio se presentó alta ( $h > 70$ ) lo que muestra que la variación en cada una de las características es atribuible a diferencias genéticas entre genotipos y el resto es debido a la variación no genética.

Los coeficientes de variación genéticos para los caracteres estudiados se consideran altos, lo que implica que la variación es debida a las diferencias genéticas entre los materiales y además al error incluido dentro de la media.

Los coeficientes de correlación fenotípica entre algunas de las características presentaron valores altos (Cuadro 4), sin embargo no son confiables ya que los genotipos estuvieron influenciados grandemente por el medio de cultivo, hábito de crecimiento, volumen de las cajas, temperatura y luz ambiental, por lo que es recomendable estimar un número adecuado de semillas por caja y estudiar diferentes períodos de observación de las características.

En el experimento a nivel plántula desarrolladas en cajas de "hielo seco" el medio utilizado fué arena, presentándose un desarrollo normal del sistema radical y de la parte aérea de las plántulas. En base a sus valores medios se observa (Cuadro 5) una variación entre genotipos para cada una de las características estudiadas.

Los cuadrados medios de los análisis de varianza presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos para las características, número y longitud total de raíces, longitud de la raíz principal, altura de plántula y para peso de 100 semillas, lo que indica una gran variabilidad entre los genotipos para estas características (Cuadro 6), lo que hace factible la selección de los genotipos superiores para estudios futuros. La característica altura al cotiledón fué no significativa indicando que no hubo variabilidad.

Los coeficientes de variación para las características del sistema radical fueron mayores que 10 por ciento lo que se puede considerar altos para condiciones de invernadero lo que se debió a que las raíces más largas salieron por debajo de las cajas de "hielo seco". Los coeficientes de la parte aérea de la plántula están dentro del rango aceptable, debido a que la luz y temperatura en el invernadero durante el desarrollo de las plántulas fueron estables.

A partir de los análisis de varianza se estimaron ciertos parámetros genéticos (Cuadro 7) donde debido a las condiciones estables del invernadero, la varianza del error fué baja, propiciando que las varianzas genotípicas y fenotípicas presentaran valores altos, originando una estimación alta para la heredabilidad de cada una de las características evaluadas. Los coeficientes de variación genéticos para los caracteres estudiados se consideran altos lo que implica que la variación es debido principalmente a las diferencias genéticas entre los materiales y en menor grado a las diferencias no genéticas.

Los coeficientes de correlación fenotípica no presentaron diferencia significativa entre las características.

Con los valores de cuatro de las características estudiadas se llevó a cabo un análisis combinado para determinar la influencia de los medios en los cuales se cultivaron los 20 genotipos de frijol.

En los cuadrados medios de los análisis combinados se observaron diferencias significativas entre medios para las cuatro características, lo que indica que la media de cada una de las características estudiadas en un medio, son diferentes a sus medias respectivas en el otro medio. Al comparar las medias de las tres características del sistema radical entre los dos medios evaluados se pudo observar que la mayor variación se presentó en cajas de Petri, lo cual fué debido a que las plántulas presentaron una mayor elongación en la parte aérea propiciando que se doblaran quedando las raíces fuera del agua destilada ocasionando que se secaran por lo que su longitud fue menor.

En la fuente de variación de tratamientos se observó que existen diferencias altamente significativas (1 por ciento) para las cuatro características en estudio (Cuadro 9). Esto indica la existencia de diferencias entre tratamientos o genotipos, lo que comprueba la presencia de variabilidad a nivel plántula.

En la interacción tratamientos x medios se presentaron diferencias significativas al 1 por ciento para las cuatro características estudiadas, lo que implica el comportamiento heterogéneo de los genotipos dentro de los medios en donde se desarrollaron, debido principalmente a la superficie reducida en donde se llevó a cabo el estudio, a los diferentes hábitos de crecimiento, tamaño de las semillas y condiciones de luz y temperatura.

En el análisis combinado disminuyen los valores de los coeficientes de variación debido a la distribución de los errores experimentales de cada uno de los medios estudiados sin embargo, siguen siendo altos, por lo que deben considerarse con cierta reserva. Al obtener los límites de confianza para observar la curva de distribución muestral se observó que algunas medias de las muestras no estiman a sus medias poblacionales, de donde se infiere que el modelo aplicado no corresponde a la población investigada de las características en los genotipos discrepantes.

A partir de los análisis de varianza se estimaron algunos parámetros genéticos en donde se observó una mayor influencia de la varianza genética-ambiental sobre las características, lo que redujo considerablemente los valores de la varianza genética, de la heredabilidad en sentido amplio y del coeficiente de variación genético y sobreestimando las correlaciones fenotípica, lo cual nos está mostrando la influencia del ambiente en el valor reproductivo de las características estudiadas en los 20 genotipos.

En base a los resultados de los experimentos a nivel plántula es recomendable afinar los estudios en cajas de Petri y en cajas de "hielo seco".

### Discusión de los resultados a nivel planta adulta

En las medias para las características estudiadas en planta adulta se pudo observar una gran variación entre los genotipos evaluados, lo cual se debió a sus diferentes hábitos de crecimiento ya que presentan diferencias en sus sistemas radicales, número de tallos, tamaño, forma y grosor de sus hojas y en su ciclo vegetativo. De acuerdo a las medias obtenidas de los 20 genotipos para cada característica se seleccionaron los cinco mejores genotipos cuyos va-

lores fueron superiores a la media general (Cuadro 12).

Los cuadrados medios de los análisis de varianza para repeticiones mostraron significancia cuatro características lo que significa que las condiciones ambientales tuvieron efecto diferente para esas características. Para tratamientos siete características presentaron significancia, lo que corrobora la existencia de variabilidad entre los genotipos. Las variables que no presentaron significancia fueron las del sistema radical atribuible a las condiciones del reducido volumen del recipiente y a la cantidad de plantas desarrolladas en él, lo que implicó una competencia de la masa radical y de la parte aérea, por lo que se recomienda en estudios posteriores un mayor volumen del recipiente en el cual se siembren los genotipos bajo estudio y un número no mayor de 1-2 plantas por recipiente.

Los atributos más importantes para la tolerancia a la sequía de las plantas depende de un sistema radical mejor desarrollando que el promedio (Hidalgo, 1977) y la pérdida de agua en hojas cortadas (Salim, et al 1969). En base a estas investigaciones se consideró el agua perdida a las 72 horas como una de las características más importantes siendo significativa al 1 por ciento de probabilidad en el estudio de los 20 genotipos, recomendados como una prueba rápida y consistente para la selección en materiales de frijol con tolerancia a sequía, presentando además los coeficientes de variación más bajos lo cual da mayor confiabilidad en sus resultados, presentando también alta heredabilidad en sentido amplio.

Los coeficientes de variación fueron altos para siete y variables los cuales se debieron a la influencia de las condiciones de manejo del experimento sobre las características estudiadas en los genotipos.

En los parámetros genéticos obtenidos para las carac-

terísticas de planta adulta se observó una fuerte influencia de la varianza genética y la heredabilidad en sentido amplio presentaron en su estimación valores bajos, lo que indica que dichas características están altamente influenciadas por el ambiente. Solamente cinco características presentaron alta heredabilidad (Cuadro 14).

Los coeficientes de variación genéticos fueron altos para siete características indicando mayor diferencia genética entre los genotipos para las características estudiadas.

En las estimaciones de los coeficientes de correlación fenotípica se observaron correlaciones positivas y significativas, lo que indica una relación estrecha entre dichas características ya que al efectuar selección para uno de estos caracteres al mismo tiempo se está seleccionando una o más características correlacionadas. Por el contrario las características que presentan correlaciones negativas no son factibles de mejorarlas en conjunto.

En el experimento con 10 genotipos a nivel planta adulta se llevó a cabo con la finalidad de corroborar los resultados de las características estudiadas.

Con respecto a la media general de cada una de las características se pudo observar una gran variación entre los genotipos seleccionados, debido a sus diferentes hábitos de crecimiento y a sus diversos ciclos vegetativos (Cuadro 16). En base al mayor número de características sobresalientes se seleccionaron cinco genotipos presentes en el Cuadro 17.

Los cuadrados medios de los análisis de varianza para repeticiones presentaron significancia para dos características al 1 por ciento de probabilidad lo que significa un efecto ambiental sobre éstas características. En la fuente de variación de tratamientos solamente una característica presentó significancia al 5 por ciento lo que implica la di-

terísticas de planta adulta se observó una fuerte influencia de la varianza genética y la heredabilidad en sentido amplio presentaron en su estimación valores bajos, lo que indica que dichas características están altamente influenciadas por el ambiente. Solamente cinco características presentaron alta heredabilidad (Cuadro 14).

Los coeficientes de variación genéticos fueron altos para siete características indicando mayor diferencia genética entre los genotipos para las características estudiadas.

En las estimaciones de los coeficientes de correlación fenotípica se observaron correlaciones positivas y significativas, lo que indica una relación estrecha entre dichas características ya que al efectuar selección para uno de estos caracteres al mismo tiempo se está seleccionando una o más características correlacionadas. Por el contrario las características que presentan correlaciones negativas no son factibles de mejorarlas en conjunto.

En el experimento con 10 genotipos a nivel planta adulta se llevó a cabo con la finalidad de corroborar los resultados de las características estudiadas.

Con respecto a la media general de cada una de las características se pudo observar una gran variación entre los genotipos seleccionados, debido a sus diferentes hábitos de crecimiento y a sus diversos ciclos vegetativos (Cuadro 16). En base al mayor número de características sobresalientes se seleccionaron cinco genotipos presentes en el Cuadro 17.

Los cuadrados medios de los análisis de varianza para repeticiones presentaron significancia para dos características al 1 por ciento de probabilidad lo que significa un efecto ambiental sobre éstas características. En la fuente de variación de tratamientos solamente una característica presentó significancia al 5 por ciento lo que implica la di-

versidad de los genotipos para dicha característica.

Los coeficientes de variación fueron altos debido a los valores que presentó el error experimental los cuales fueron también altos implicando efectos ambientales.



## C O N C L U S I O N E S

En base a los resultados de los estudios a nivel plántula, el experimento llevado a cabo en cajas de "hielo seco" fue el mejor.

Considerando simultáneamente todas las características a nivel plántula las variedades Campeón, Pinto Americano, - Agramejo, Ciateño y Mulato fueron sobresalientes.

Se encontró correlación positiva y significativa entre la característica altura al cotiledón y altura de plántula con longitud total de raíces.

Existe alta heredabilidad para todas las características a nivel plántula, indicando que podemos realizar selección para estas características.

Las variedades Agramejo, Navidad-1165, Mantequilla y - Campeón y la línea LEF-3-RB perdieron menor porcentaje de - humedad implicando que presentan mecanismos de tolerancia a sequía.

Existe correlación positiva y significancia entre las diferentes características agronómicas a nivel planta adulta.

Considerando los resultados de los cuatro experimentos las variedades Campeón y Agramejo fueron las mejores.

## B I B L I O G R A F I A

- Acuña, L.G. 1976. Root studies in phaseolus. Mag. Sc. Thesis, Guelph, Canada, University of Guelph. 109 p.
- Amézquita, M.C. y Muñoz, J.E. 1979. Manual estadístico para la experimentación en frijol (Phaseolus vulgaris L.) Versión preliminar. Biometría, CIAT, Cali, Colombia. 8-17 p.
- Avilan, R.L. y Neptune, A.M.L. 1976. Estudio del sistema radical del frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. Carioca, por los métodos del monolito, sonda y radio isótopos en un suelo del orden alfisol. Agronomía Tropical 26(2):117-142.
- Avilan, R.L. y Neptune, A.M.L. 1976. Morfología inicial del sistema radical del Phaseolus vulgaris L. var. Carioca en condiciones controladas. Agronomía Tropical, 26(2):109-116.
- Bascur, B.G.A. 1981. Estudio de resistencia a sequía en doce cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.) mediante termometría infrarroja. Mag. Sc. Thesis. Vicoso-MG, Universidad Federal de Vicoso. 63 p.
- Benincasa, M.M.P. 1976. Método no destructivo para estimar el área foliar de Phaseolus vulgaris L. Científica 4(1):43-48.

- Brauer, O. 1973. Fitogenética aplicada. Editorial LIMUSA, México.
- Cancian, A.J. 1978. Estudio de dos componentes de prevención a tolerancia a sequía en Vigna unguiculata L. Walp, var. "Seridó" y Phaseolus vulgaris L. var. "Rico 23". Tesis Mag. Sc. Vicosa-MG, Brasil, Universidad Federal de Vicosa. 35 p.
- Carmi, A. y Koller, D. 1978. Effects of the roots on the rats of photosynthesis in primary leaves of bean - - (Phaseolus vulgaris L.) *Photosynthetica*, 12(2):178-184.
- Castañeda, P.R. 1980. Diseño de experimentos aplicados, Editorial Trillas, México.
- Corral, E.P. 1982. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Depto. de Estadística y Cálculo. UAAAN, Buenavista, Saltillo Coahuila, México 1-255.
- Deakin, J.R. 1974. Association of seed color with emergence and seed yield of snap beans. *J. of the American Soc. of Horticultural*. 99(2):110-114.
- Engleman, M.E. 1979. Contribuciones al conocimiento del frijol (Phaseolus) en México. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Fahn, A. 1965. Anatomía vegetal. Ediciones H. Blume, - - Madrid, España.
- Fisher, N.M. 1980. The effect of time of planting on four bean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes in Kenya. *J. of Agr. Sc.* 95(2):401-408.

- Halevy, A.H. y Kessler, B. 1963. Increase tolerance of bean plants to soil drought by means of growth-retarding substances. *Nature*. 197(4864):310-311.
- Hidalgo, R. 1977. Screening for drought tolerance in dry beans (Phaseolus vulgaris L.). Mag. Sc. Thesis. - - Ithaca, New York, Cornell University. 117 p.
- Johnson Junior, C. 1977. Some aspects of shoot-root relationships of dry beans (Phaseolus vulgaris L.). Ph.D. Thesis. Ithaca, New York, Cornell University. 87 p.
- Kramer, J.P. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas. EDUTEX, S.A. México.
- Kirkham, M.B., Smith, E.L. Dhanasobhon, C. and Draka, T.T. 1980. Resistance to water lose of winter wheat flag leaves. *Cereal Research Communications*. Vol. 8, N° 2:393-399.
- Lépiz, I.R. 1982. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de frijol. Publicación especial, N° 38. SARH-INIA, México.
- Lima, M.G. 1978. Estudio de la resistencia a sequía en - - cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Mag. Sc. Piracicaba-SP, Brasil, Universidad de Sao Paulo. Escuela Superior de Agricultura.
- Magalhaes, A.C. y Carelli, M.L. 1972. Germinación de semillas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en condiciones variadas de presiones osmóticas. *Bragantia* 31:19-26.
- Miranda, O. y Belmar, N.C. 1977, Déficit hídrico y frecuencia de riego en frijol (Phaseolus vulgaris L.). *Agricultura Técnica* 37:111-117.

- ↗  
 Mojarro, D.F. 1977. Efecto de la sequía en el rendimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) aspectos fisiológicos. Tesis, Mag. Sc. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados.
- Moldau, E. 1973. Effects of various water regimen on stomatal and mesophyll conductances of bean leaves. - - Photosynthetica. 7(1):1-7.
- Ostle, B. 1979. Estadística aplicada. Editorial LIMUSA. México.
- Rojas, G.M. 1981. Fisiología vegetal aplicada. Mc-Graw - Hill. México.
- Salim, M.H., Toad, G.W. and Stutte, C.A. 1969. Evaluation of techniques for measuring drought avoidance in cereal seedlings. Agro. Jour. Vol. 61:182-185.
- Sarria, S.S. 1978. Estudio preliminar de selección de semillas para viabilidad y vigor por medio de mediciones de potenciales en frijol (Phaseolus vulgaris L.). - - Universidad del Valle, Cali, Colombia, 55 p.
- Snedecor, G.W. y Cochran, W.G. 1980. Métodos estadísticos. Editorial Continental, S.A. México.
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Stoffela, P.J. 1979. Root characteristics of black beans. II Morfological differences among genotypes, Crop Sc. 19:826-830.
- Tingey, D.T. y Stockwell, C. 1977. Semipermeable membrane system for subjecting plants to water. Plant Physiology 60:58-60.

- Ullery, C.H. 1971. Plant water stress and growth. Ph. D. Thesis. Fort Collins, Colorado State University, 95 p.
- Wilson, J.M. 1976. The mechanism of chill and drought hardening of Phaseolus vulgaris L. leaves. New Phytologist, 76:256-270.
- Wyatt, J.E. 1977. Seed coat and water absorption properties of seed of near-isogenic snap bean lines differing in seed coat color. Ame. Soc. for Hor. Sc. 102 (4):478-480.

A P E N D I C E

CUADRO A.1. ANALISIS DE VARIANZA PARA CARACTERISTICAS ESTUDIADAS EN CAJAS DE PETRI

Número de raíces			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	747.86	39.36
Repeticiones	2	4.56	2.28
Error	38	297.30	7.82
Total	59	1049.71	27.62

Longitud de raíces total			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	1564.29	819.17
Repeticiones	2	387.65	193.83
Error	38	7798.06	205.21
Total	59	23750.01	625.00

Longitud de la raíz principal			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	203.91	10.73
Repeticiones	2	6.09	3.04
Error	38	84.46	2.22
Total	59	294.45	7.75

Altura de plántula			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	1426.73	75.09
Repeticiones	2	107.28	53.64
Error	38	770.24	20.27
Total	59	2304.25	60.64

Peso se 100 semillas			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	2320.95	122.16
Repeticiones	2	3.11	1.56
Error	38	121.51	3.20
Total	59	2445.57	64.36



CUADRO A 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA CARACTERISTICAS ESTUDIADAS EN CAJAS DE "MUELO SECO"

Número de raíces			
F.V.	GL	S.C.	C.M.
Tratamientos	18	474.90	26.38
Repeticiones	2	3.02	1.51
Error	36	98.81	2.74
Total	56	576.73	16.02

Longitud de raíces total			
F.V.	GL	S.C.	C.M.
Tratamientos	18	8134.55	451.92
Repeticiones	2	9.71	4.85
Error	36	1536.35	42.68
Total	56	9680.60	268.91

Longitud de raíz principal			
F.V.	GL	S.C.	C.M.
Tratamientos	18	702.17	39.01
Repeticiones	2	1.96	0.98
Error	36	107.74	2.99
Total	56	811.86	22.55

Altura al cotiledón			
F.V.	GL	S.C.	C.M.
Tratamientos	18	28.83	1.60
Repeticiones	2	0.09	0.05
Error	36	4.00	0.11
Total	56	32.92	0.91

Altura de plántula			
F.V.	GL	S.C.	C.M.
Tratamientos	18	167.32	9.30
Repeticiones	2	2.21	1.10
Error	36	16.99	0.47
Total	56	186.51	5.18

Peso de 100 semillas			
F.V.	GL	S.C.	C.M.
Tratamientos	18	2183.66	121.31
Repeticiones	2	2.79	1.39
Error	36	121.44	3.37
Total	56	2307.39	64.11

CUADRO A 3. ANALISIS DE VARIANZA PARA CARACTERISTICAS DE PLANTA ADULTA

Peso verde de tallo			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	2798.55	147.29
Repeticiones	2	176.24	88.12
Error	38	1606.81	42.28
Total	59	4581.60	120,57

  

Peso seco de tallo			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	329.84	17.36
Repeticiones	2	12.10	6.05
Error	38	142.44	3.75
Total	59	484.38	12,75

  

Peso húmedo de follaje			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	1457.88	76.75
Repeticiones	2	94.71	47.36
Error	38	1008.12	26.53
Total	59	2560.71	67.39

  

Humedad perdida a las 24 horas			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	0.017	0.0009
Repeticiones	2	0.020	0.0099
Error	38	0.008	0.0002
Total	59	0.045	0.0008

## CONTINUACION CUADRO A 3.

## Humedad perdida a las 48 horas

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	0.024	0.0013
Repeticiones	2	0.002	0.0009
Error	38	0.035	0.0009
Total	59	0.061	0.0010

## Humedad perdida a las 72 horas

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	0.041	0.0021
Repeticiones	2	0.001	0.0005
Error	38	0.028	0.0007
Total	59	0.076	0.0013

## Peso seco de raíz

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	6.51	0.34
Repeticiones	2	1.28	0.64
Error	38	7.20	0.19
Total	59	14.99	0.39

## Relación raíz/follaje

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	0.19	0.01
Repeticiones	2	0.07	0.04
Error	38	0.19	0.005
Total	59	0.45	0.01

## CONTINUACION CUADRO A 3.

Altura de planta			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	725.07	38.16
Repeticiones	2	197.10	98.55
Error	18	980.23	25.80
Total	59	1902.40	50.06

Peso seco total			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	374.78	19.73
Repeticiones	2	12.01	6.00
Error	38	174.99	4.61
Total	59	561.78	14.78

Peso de 100 semillas			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	19	2336.21	122.96
Repeticiones	2	2.91	1.45
Error	38	124.53	3.28
Total	59	2463.65	64.83

CUADRO A 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA CARACTERISTICAS DE PLANTA ADULTA

Altura de planta			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	1665.00	185.00
Repeticiones	3	245.00	81.67
Error	27	2480.00	91.85
Total	39	4390.00	162.59

Peso verde de hojas			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	955.57	106.17
Repeticiones	3	92.76	30.92
Error	27	1809.19	67.01
Total	39	2857.52	105.83

Peso seco de hojas			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	83.66	9.30
Repeticiones	3	66.45	22.14
Error	27	241.33	8.94
Total	39	391.42	14.50

Peso seco de raíz			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	60.33	6.70
Repeticiones	2	27.83	9.28
Error	27	160.75	5.95
Total	39	248.92	9.22

Peso seco ramas y vainas			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	46.92	5.21
Repeticiones	3	32.00	10.67
Error	27	219.16	8.12
Total	39	298.08	11.04

Peso fresco de planta total			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	3213.34	357.04
Repeticiones	3	260.01	86.67
Error	27	8711.06	322.63
Total	39	12184.41	351.27

CONTINUACION

CUADRO A 4 .

Peso seco total			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	369.03	41.01
Repeticiones	3	64.95	21.65
Error	27	1137.57	42.13
Total	39	1571.01	58.21

Relación rai:/follaje			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	1.01	0.11
Repeticiones	3	0.59	0.20
Error	27	4.38	0.16
Total	39	5.98	0.22

Humedad perdida a las 24 horas			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	25.33	2.81
Repeticiones	3	3.92	1.31
Error	27	29.59	1.10
Total	39	58.84	2.18

Humedad perdida a las 48 horas			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	9.47	1.05
Repeticiones	3	9.90	3.30
Error	27	17.13	0.63
Total	39	36.50	1.35

Humedad perdida a las 72 horas			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Tratamientos	9	8.96	1.00
Repeticiones	3	8.50	2.83
Error	27	13.47	0.50
Total	39	30.94	1.15