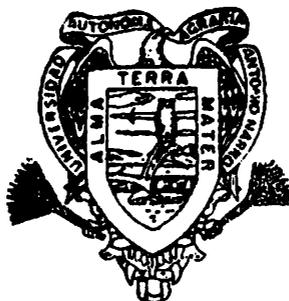


EL PAPEL DE LOS COMPONENTES DEL
RENDIMIENTO POTENCIAL DEL SISTEMA
RADICAL Y SUS IMPLICACIONES EN EL
MEJORAMIENTO GENETICO DE FRIJOL TEPARY
(Phaseolus acutifolius A. Gray) BAJO TEMPORAL

ISAAC SANCHEZ VALDEZ

T E S I S

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



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

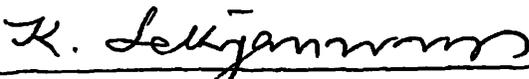
MARZO DE 1988

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN FITOMEJORAMIENTO

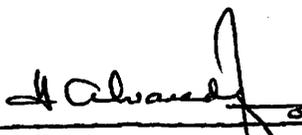
COMITE PARTICULAR

Asesor principal:



Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi

Asesor:

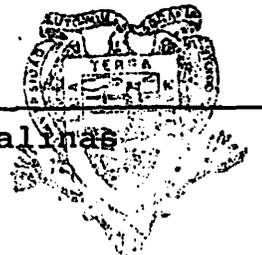


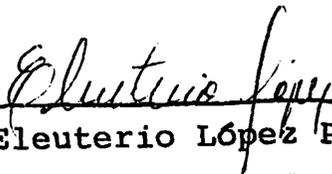
M.C. Humberto Alvarado Sánchez

Asesor:



M.C. Adolfo García Salinas





Dr. Eleuterio López Pérez
Subdirector de Asuntos de Postgrado

BIBLIOTECA
EGADIO G. YEBRILLO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Marzo de 1988

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) por el apoyo brindado para la realización de mis estudios y la presente investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo económico.

Al Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi, por su gran ayuda en la planeación, dirección y revisión de la presente investigación.

Al M.C. Humberto Alvarado Sánchez y M.C. Adolfo García Salinas por su colaboración y valiosas sugerencias en la revisión de este trabajo.

Al Ing. Juan José Ríos Chávez y a los Señores Cruz - Avalos N. y Roberto Núñez C., por su colaboración en la conducción y obtención de datos del trabajo de campo.

Al Programa de Graduados de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por la oportunidad brindada para la realización de mis estudios.

A los maestros del Colegio por sus conocimientos - - transmitidos.

A Irene Ayala López, por su disponibilidad para la realización del trabajo de mecanografía.

A todas aquellas personas que de una u otra manera - contribuyeron en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre:

CLEMENTINA VALDEZ (+)

*Con amor, porque su recuerdo me
lleve siempre por el camino de
la superación.*

A mi padre:

PERFECTO SANCHEZ

Con admiración y respeto

A mi esposa e hijos:

BERTHA ALICIA,

ESAU e

ISAAC

*Con amor y cariño por su apoyo,
paciencia y comprensión que me
demostraron para alcanzar una--
nueva meta.*

A mis hermanos:

Con cariño

A mis abuelitas:

MARCELINA

Con respeto y amor

GREGORIA (+)

*Por el gran cariño y amor que -
siempre me brindó.*

COMPENDIO

El Papel de los Componentes del Rendimiento Potencial del Sistema Radical y sus Implicaciones en el Mejoramiento Genético de Frijol Tepary (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) bajo Temporal

Por

ISAAC SANCHEZ VALDEZ

**MAESTRIA EN
FITOMEJORAMIENTO**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Febrero, 1988

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi. - Asesor -

Palabras claves: Frijol Tepary, componentes del rendimiento, sistema radical, parámetros genéticos, correlaciones y mejoramiento genético.

Se evaluaron 20 genotipos de frijol Tepary y dos de frijol común bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones en las localidades de Cuencamé y Francisco I. Madero, Dgo. bajo temporal y en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) con el objetivo de estudiar

el papel de los componentes del rendimiento, potencial del sistema radical y calcular los parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas para diferentes características agronómicas.

El análisis de varianza individual y combinado reveló diferencias significativas para la mayoría de las características estudiadas, indicando una amplia gama de variabilidad.

Las tres Colectas-121, 106 y 79 presentaron altos rendimientos en comparación con los testigos de la misma especie. Las Colectas-121, 106, 79 y 84 para vainas por planta; los genotipos Chapingo-25, 127, 49 y 79 para número de semillas por vaina; y las Colectas-49, P.I. 231638, 99 y 106 para peso de 100 semillas sobresalieron en este estudio.

Las características peso de 100 semillas, días a madurez fisiológica, días a 50 por ciento de floración, rendimiento por planta individual y semillas por vaina registraron altos valores de heredabilidad en sentido amplio. Existe una asociación positiva y significativa entre rendimiento por hectárea con rendimiento por planta individual, peso de 100 semillas y altura de planta. La selección para los componentes vainas por planta, semillas por vaina y peso de 100 semillas individual o conjuntamente pueden aumentar el rendimiento.

Las Colectas-46, 44, 39 y 49 tuvieron altos valores para peso seco de masa del sistema radical. El peso seco de

raíz tuvo asociación positiva y significativa con relación -
entre raíz y vástago, y peso seco del vástago.

ABSTRACT

The Role of Yield Components Root System and its Implications
in the Genetic Improvement of Tepary Bean (*Phaseolus
acutifolius* A. Gray) under Drought

By

ISAAC SANCHEZ VALDEZ

MASTER OF SCIENCE IN
PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Buenavista, Saltillo, Coahuila. February 1988

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi - Major Advisor -

Key words: Tepary bean, yield components, root system, genetic parameters, correlations and genetic improvement.

Twenty genotypes of Tepary bean and two common bean varieties were evaluated utilizing a randomized block design with three replications in the localities of Cuencame and Francisco I. Madero, Durango under drought conditions and in the green house of the Universidad Autónoma Agraria Antonio

Narro (UAAAN) with a object of studyng the role of yield components, root potential and to calculate the genetic parameters and phenotypic correlations for different agronomic characters.

The analysis of variance revealed significant differences individually and combindly for the mejority of characteristics indicating a broad espectrum of variability. The three Collections-121, 106 and 79 presented higher yields in comparison to the standard variety of the some species. The accessions-121, 106, 79 and 84 for pods per plant, the genotypes Chapingo-25, 127, 49 and 79 for number of seeds per pod and the Lines-49, P.I. 231638, 99 and 106 for 100 seed weight produced superior values in this studies.

The character 100 seed weigh' days to physiological maturity, days to 50 per cent flowering, yield per individual plant and seeds per pod registered higher values of broad - - sense heritability. Existed a positive and a significant correlation between yield per hectare with individual plant - - yield, 100 seed weight and plant height. The selection for yield components such as pods per plant, seeds per pod and - 100 seed weight individually or jointly can increase grain - yield.

The Collections-46, 44, 39 and 49 produced higher va lues for dry weight of root mass. The dry weight of root - mass was positively and significantly associated with plant dry weight and proportion of root to plant dry weight.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiv
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	4
Efecto de la Sequía sobre Diferentes Características de la Planta	4
Características que Contribuyen para la Resistencia a Sequía en los Cultivos	7
Pruebas para Clasificar Variedades según su Resistencia y Susceptibilidad bajo Temporal.	10
Variabilidad para el Sistema Radical	14
Evaluación del Potencial del Sistema Radical	16
Pérdida de Humedad en las Plantas Mediante la Transpiración	17
Características de Apoyo para Selección de Genotipos bajo Temporal	18
Componentes del Rendimiento y sus Implicaciones en el Mejoramiento de Frijol.	19
Estabilidad de los Genotipos bajo Temporal.	20
Parámetros Genéticos	21
Correlaciones entre Diferentes Características Agro-nómicas en Leguminosas	22
MATERIALES Y METODOS.	27
Localización del Experimento	27
Material Genético	28
Diseño Experimental	30
Establecimiento y Conducción de los Experimentos	31
Caracteres Medidos	33
Análisis Estadístico	36

	Pág.
Análisis de Varianza Individual	36
Análisis de Varianza Combinado	39
RESULTADOS	42
DISCUSION	70
CONCLUSIONES	87
RESUMEN	90
LITERATURA CITADA	94

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
3.1	Origen y color de grano de los materiales genéticos utilizados en la presente investigación.	29
3.2	Análisis de varianza individual.	37
3.3	Análisis de varianza combinado	40
4.1	Cuadrados medios del análisis de varianza para diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Cuencamé, Dgo.	43
4.2	Cuadrados medios del análisis de varianza para diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Francisco I. Madero, Dgo.	44
4.3	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Francisco I. Madero y Cuencamé, Dgo.	45
4.4	Promedios de diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Cuencamé, Dgo.	47
4.5	Promedios de diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Francisco I. Madero, Dgo.	48
4.6	Promedios de diferentes características agronómicas combinadas de frijol Tepary en Francisco I. Madero y Cuencamé, Dgo.	49
4.7	Parámetros genéticos estimados para diferentes características agronómicas de frijol Tepary - en Cuencamé, Dgo.	54
4.8	Parámetros genéticos estimados para diferentes características agronómicas de frijol Tepary - en Francisco I. Madero, Dgo.	56
4.9	Parámetros genéticos estimados del análisis -- combinado para diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Francisco I. Madero y Cuencamé, Dgo.	57

4.10	Correlaciones fenotípicas para diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Cuencamé, Dgo.	58
4.11	Correlaciones fenotípicas para diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Francisco I. Madero, Dgo.	59
4.12	Correlaciones fenotípicas combinadas para diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Francisco I. Madero y Cuencamé, Dgo.	60
4.13	Análisis de varianza del sistema radical y diferentes características agronómicas de frijol Tepary en el invernadero.	63
4.14	Promedios del sistema radical y diferentes características agronómicas de frijol Tepary, en el invernadero.	64
4.15	Parámetros genéticos estimados para el sistema radical y diferentes características agronómicas de frijol Tepary en el invernadero	67
4.16	Correlaciones fenotípicas estimadas para el sistema radical y diferentes características agronómicas de frijol Tepary en el invernadero	68

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
3.1	Temperatura media y precipitación total en lapsos de 10 días, ocurridos de julio a octubre de 1986 en las localidades de Cuencamé y Francisco I. Madero, Dgo.	32

1. INTRODUCCION

Existen cuatro especies de frijol domesticadas por el hombre, las cuales son: *Phaseolus vulgaris* L., *P. coccineus* L., *P. lunatus* L. y *P. acutifolius* A. Gray. La producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es seriamente afectada por varios factores climáticos entre los que destacan principalmente la escasa precipitación y su distribución irregular. Debido a esto es necesario contar con especies que presenten características que les permitan desarrollarse en regiones con escasez de humedad donde otros cultivos no prosperen.

El frijol Tepary (*P. acutifolius* A. Gray) es la especie mas resistente a la sequía, la cual muestra mejor adaptación a regiones áridas y semiáridas y ha sido cultivada en México hace mas de 5000 años, siendo utilizada en sus formas silvestre y domesticada como recursos alimenticios.

Esta especie se localiza en zonas tropicales, semiáridas y áridas como son: Arizona y Nuevo México en Estados Unidos y Baja California, Sonora, Chihuahua, Sinaloa y Durango en México (Nabhan y Felger, 1978). En zonas como estas, la producción de muchos cultivos esta limitada por la poca cantidad de precipitación, su irregular distribución asi como las altas temperaturas del suelo y el aire. En México existen grandes superficies áridas y semiáridas con climas favorables para el desarrollo de esta especie.

El frijol Tepary posee una amplia gama de variabilidad para características agronómicas y componentes del rendimiento y contiene mayor o igual cantidad de proteína (23 - 25 por ciento) que la mayoría de las leguminosas de importancia económica. Además bajo condiciones de sequía extrema produce rendimientos superiores en comparación con un gran número de leguminosas cultivadas; sembrado bajo fertilización y riegos mínimos, se pueden cosechar entre 1,100 hasta 4,000 kg/ha.

Actualmente existe información de esta especie sobre su distribución y diferentes colectas de germoplasma de diversas áreas geográficas en México; pero hasta ahora no existe en nuestro país una investigación sistemática sobre su mejoramiento genético y agronomía para aumentar su producción.

Esta especie posee variabilidad genética y potencialidad para su comercialización como un cultivo en el futuro, por lo tanto, existen posibilidades para mejorarlo en forma rápida por selección y aplicación de métodos de mejoramiento (Kuruvadi y Morales, 1985).

Un conocimiento de los componentes del rendimiento, acción de genes, correlaciones y sus implicaciones en el mejoramiento genético de frijol Tepary es una información de gran valor para mejorar su rendimiento. Las características que contribuyen al rendimiento pueden variar en diferentes ambientes tales como: riego con alta fertilización y temporal con baja fertilización, por lo tanto, existe la necesidad de estudiar los componentes del rendimiento en frijol Tepary.

En la literatura publicada se cuenta con escasa información sobre la variabilidad disponible para los componentes del rendimiento y sobre el potencial del sistema radical y sus implicaciones en el mejoramiento de esta especie; por lo tanto, en esta investigación se evaluaron 20 genotipos de frijol Tepary y dos de frijol común empleados como testigos en dos localidades bajo temporal y una en invernadero con los siguientes objetivos:

- a) Estudiar la variabilidad para los componentes del rendimiento y sistema radical.
- b) Identificar colectas de alto potencial de rendimiento bajo condiciones de temporal.
- c) Estimar parámetros genéticos, correlaciones y sus implicaciones en el mejoramiento genético - de frijol Tepary.

2. REVISION DE LITERATURA

El frijol Tepary pertenece a la familia de las leguminosas y de las cuatro especies cultivadas es la que muestra mejor adaptación a regiones áridas y semiáridas, donde la producción de la mayoría de los cultivos es limitada por la escasez de precipitación, su irregular distribución, así como el alto porcentaje de evaporación. Este tipo de frijol ha sido utilizado en investigaciones fisiológicas como un ejemplo clásico de tolerancia a sequía y calor.

En México las áreas sembradas con Tepary varían de unos surcos a varias hectáreas, aunque los agricultores nunca siembran más de media hectárea, en Sonora constituye un cultivo representado por variedades criollas.

La planta de frijol Tepary es pequeña, de hojas agudas, vainas y semillas pequeñas, estas son de diferentes colores: blanco, negro, rojo, amarillo, café y moteado. En el desierto de Sonora el frijol Tepary se cosecha entre los 60 y 90 días después de la siembra.

Efecto de la Sequía sobre Diferentes Características de la Planta

Maximov (1929) estudió los factores morfológicos y fisiológicos relacionados con la resistencia de las plantas

a la sequía y concluyó que los factores morfológicos asociados con resistencia a la sequía son: hojas pequeñas, débil desarrollo del mesófilo, células de poco tamaño, estomas sensitivos y buena distribución del sistema radical. Los factores fisiológicos asociados fueron la transpiración y la habilidad de las plantas para almacenar agua dentro de sus tejidos.

Kramer (1963) considera a la sequía como una deficiencia de humedad de suelo la cual causa déficits de agua en las plantas, cuando el déficit es severo se reduce el desarrollo de la planta.

Ullery (1971) llevó a cabo un estudio relacionado con el estrés del agua en la planta y el crecimiento en *Phaseolus vulgaris* L. con el objetivo de inducir el estrés de agua en las hojas por medio de la disminución de la temperatura de las raíces.

La disminución de la temperatura provocó el estrés de agua debido a que redujo la capacidad de absorción de agua del sistema radical. Las respuestas a la baja temperatura de la raíz indicaron que la capacidad de absorción de agua de las raíces fue el factor que controlaba el proceso de transpiración; el estrés de agua aumentó al disminuir la temperatura de la raíz. Tanto el crecimiento de la parte superior como el de las raíces disminuyeron a medida que bajaba la temperatura, la eficiencia del uso del agua aumentó al disminuir la temperatura de las raíces.

Schulteis (1972) mencionó que la falta continua de agua disminuyó los pesos fresco y seco de la raíz y de las porciones vegetativas de las plantas; redujo drásticamente el número de vainas por planta y aumentó el porcentaje de semillas. Las plantas expuestas a faltas continuas de aireación presentaron disminuciones drásticas en casi todos los factores analizados, siendo esta mas perjudicial para el desarrollo de la planta que la falta pronunciada de agua. Las plantas que sufrieron falta de agua antes de la antesis presentaron una recuperación completa en el crecimiento radical cuando el medio de las raíces se corrigió a condiciones óptimas. Se obtuvieron resultados similares en relación al crecimiento vegetativo; sin embargo, cuando la falta de agua y aereación fue anterior a la antesis, la recuperación en crecimiento vegetativo fue mayor en el caso de la falta de agua que en la de la falta de aireación. Las plantas sometidas a falta de aireación y/o de agua en el momento de la antesis presentaron una disminución muy marcada en el crecimiento de la planta.

Sánchez y Acosta (1982) evaluaron 11 gentoipos de *Phaseolus acutifolius* A. Gray, utilizando como testigo una variedad de *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de temporal; con el objetivo de comparar entre ambas especies el rendimiento, precocidad y reacción a enfermedades. Los resultados obtenidos señalan que la variedad testigo Pinto Nacional-1 fue superada en rendimiento en cuatro localidades por la mayoría de los materiales de la especie *P. acutifolius* A. Gray

se observó que el rendimiento de esta especie es superior en regiones de menor altitud, baja precipitación y alta temperatura en relación a *P. vulgaris* L.

Kohashi y Alfaro (1980) indican que el rendimiento de grano de frijol disminuye principalmente bajo condiciones limitantes de agua, luz, nutrientes y temperaturas. Durante la etapa de floración a medida que aumenta la temperatura se obtiene mayor aborto de semillas y menor peso seco de semillas por planta.

Características que Contribuyen para la Resistencia a Sequía en los Cultivos

Maximov (1946) define resistencia a sequía como la capacidad que tienen las plantas para minimizar la reducción del rendimiento bajo condiciones de déficit de agua. También señala que la resistencia a sequía puede deberse a los mecanismos de escape, evitación y tolerancia.

Las plantas que presentan el mecanismo de escape son de ciclo corto y terminan su desarrollo antes de que estas sean afectadas por períodos de escasez de humedad. Las plantas que presentan el mecanismo de evitación poseen células con un adecuado contenido de agua aunque la planta se encuentre en un medio con escasez de humedad. Las plantas con este mecanismo se pueden caracterizar por un sistema radical profundo, mayor proporción de raíz/vástago, menor pérdida de agua por su comportamiento estomático, rapidez en el cierre

estomatal, cutícula gruesa o cerosa, reducción en la temperatura de la hoja y en el área de transpiración. Las plantas con tolerancia a sequía sobreviven con bajo potencial hídrico en sus tejidos, dependiendo del tamaño de las células, viscosidad del citoplasma y permeabilidad en la pared celular.

Levitt *et al.* (1960) mencionaron que la sequía es el potencial del ambiente que influye en la pérdida de agua de una planta. El consideró que la sequía consta de dos componentes: evitación y tolerancia, ambos componentes deben ser considerados en medidas de resistencia a sequía.

Knecht y O'Leary (1972) determinaron la densidad de estomas y área foliar para cuatro grupos de plantas de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol rojo Kidney), los cuales se desarrollaron a 2,000, 4,000, 6,000 y 8,000 ft-c de intensidad de luz. Las plantas fueron desarrolladas en una solución nutritiva en cámaras de crecimiento, con todas las otras condiciones constantes; señalando que las plantas desarrolladas a 2000 ft-c tuvieron un área foliar mas significativa que aquellas desarrolladas a 4000, 6000 y 8000 ft-c tuvieron un área foliar menos significativa que aquellas desarrolladas a 4000 ó 6000. La densidad de estomas fue altamente significativa para aquellas plantas desarrolladas a 8000 ft-c y poco significativas a 2000 comparada con los dos niveles intermedios de luz. Sin embargo, el número total de estomas por hoja trifoliada no varía significativamente entre los cuatro niveles de luz.

Cancian (1978) evaluó la participación relativa de los componentes de producción, tolerancia y resistencia total a sequía en plantas *Vigna unguiculata* y *Phaseolus vulgaris* L. empleando como parámetros de prevención a la sequía, el comportamiento estomático y la tasa de transpiración cuticular relativa. El tiempo de supervivencia de las hojas cortadas fue mayor en *V. unguiculata*. La deshidratación osmótica produjo acumulación de aminoácidos totales y de prolina libre en las dos especies. Las cantidades de aminoácidos fueron siempre inferiores en *V. unguiculata* a los observados en *P. vulgaris*. La acumulación de prolina libre fue mayor en los discos foliares de *V. unguiculata* sometidos a deshidratación osmótica.

Parsons (1979) menciona que el término resistencia a sequía ha sido ampliamente usado y ha sido dividido dentro de evitación a sequía y tolerancia a sequía. También menciona que varias de las características de la planta que imparten resistencia a sequía y factores que pueden ser considerados en un programa de mejoramiento son: sistema radical largo o incremento de la relación raíz-vástago, tamaño pequeño de las células, cutícula foliar, cambio del ángulo foliar y movimiento foliar, frecuencia y comportamiento estomatal, acumulación de prolina y ajustamiento osmótico. Algunas de estas adaptaciones posponen la desecación y otras pudiesen implicar un incremento en la tolerancia a la desecación.

Pruebas para Clasificar Variedades según su Resistencia y Susceptibilidad bajo Temporal

Serrano (1962) trabajó con cinco variedades de frijol una de la especie *P. acutifolius* A. Gray y cuatro de la especie *P. vulgaris* L. para diferenciarlas fisiológica y morfológicamente por su tolerancia a la sequía. Encontró que la variedad de frijol Tepary presentó el menor grado de transpiración por área foliar, esto, debido probablemente a que sus estomas permanecen cerrados durante períodos de altas temperaturas y baja humedad relativa.

Fanous (1967) usó tres métodos para probar resistencia a sequía en mijo perla:

- 1) Desarrollo en macetas bajo diferentes regímenes de tensión de humedad de suelo.
- 2) Germinación de semilla y desarrollo de plántulas en soluciones de manitol a diferentes presiones osmóticas.
- 3) Estabilidad de clorofila extractada bajo tratamiento de calor.

Los resultados mostraron que a medida que la tensión de humedad se incrementó, las respuestas de desarrollo para las variedades de mijo perla estudiadas decrecieron en el mismo modelo general. También fueron observadas diferencias en magnitud de respuesta entre las variedades. De esto se concluyó que el mayor progreso debe ser hecho por selección para

madurez temprana para evitar sequía que por selección para resistencia a sequía fisiológica.

Hurd (1975) estudió el efecto de la sequía en un grupo de variedades de trigo y encontró que la variedad Pitic-62 produjo mas raíces que el resto de las variedades, concluyendo que variedades como Pitic-62 utilizan mas eficientemente el agua y que un sistema radical extenso está asociado con resistencia a la sequía; indicando que la selección para altos rendimientos bajo condiciones de sequía debe ser encaminada a la obtención de variedades con un sistema radical extenso.

Hidalgo (1977) realizó un estudio sobre selección de frijol seco tolerante a la sequía, el cual se llevó a cabo mediante una serie de experimentos de campo, en cámaras de crecimiento y en invernadero, con el objetivo de identificar los posibles mecanismos responsables de la tolerancia a la sequía y determinar posibles procedimientos de selección de líneas resistentes a esta. Los resultados indicaron que los posibles mecanismos de superación del déficit de agua se basan principalmente en evitar el estrés; dependen de un sistema radical mejor desarrollado, es decir, una raíz central principal y raíces secundarias fuertes y/o de estomas que se cierran ante un déficit mínimo de agua. Se encontró que los estomas no se cierran hasta que el potencial de agua no ha descendido a niveles bajos. Las introducciones de líneas que presentaron mayores rendimientos de semilla bajo condiciones de estrés de agua en el campo, cerraron sus estomas a potenciales de agua mas altos.

Fischer y Turner (1978) mencionaron que una de las técnicas de mas éxito para incrementar el rendimiento en regiones secas ha sido la de mejorar para floración temprana.

Lima (1978) utilizó tres métodos para medir la resistencia a la sequía en *Phaseolus vulgaris* L.

- 1) Variación del potencial hídrico de la humedad del suelo.
- 2) Germinación de semillas y crecimiento de plántulas en soluciones de manitol a diferentes presiones osmóticas.
- 3) Prueba del índice de estabilidad de clorofila.

Los resultados mostraron que cuando la humedad del suelo aumentó, la respuesta del crecimiento de las variedades disminuyó; el manitol dio los mejores resultados para los estudios de resistencia a sequía, no se obtuvieron resultados satisfactorios al utilizar la prueba del índice de estabilidad de clorofila.

Hoddinott *et al.* (1979) utilizaron un sistema de alimentación con C_{14} para medir simultáneamente el porcentaje de la fotosíntesis y traslocación antes y después del inicio de un choque osmótico a la base de las plantas de *Phaseolus vulgaris* formando raíces o sin raíces. El porcentaje fotosintético bajó poco después del inicio de un choque debido al rápido cierre estomatal. El porcentaje de traslocación siguió un breve cambio de transición permaneciendo casi constante por

algunas horas, indicando menor sensibilidad a un choque osmótico; esto está demostrado por el porcentaje fotosintético. - Los cambios de transición en los porcentajes de traslocación fueron debidos a cambios de transición en el contenido relativo de agua en la hoja. La dirección de la transición depende de la naturaleza del agente osmótico y de la presencia o ausencia de raíces.

Clarke y Mc Caig (1982) evaluaron tres técnicas para tamizar para resistencia a sequía en riego y temporal como son: resistencia difusiva de la hoja medida con un autoporómetro, temperatura de la hoja medida con un termómetro infrarrojo manual y proporción seca de hojas cortadas. Señalando que los rendimientos bajo temporal en relación a los de riegos fueron usados para caracterizar la resistencia a sequía de las variedades. Ninguna resistencia difusiva medida, ni la temperatura de las hojas fue adecuada como técnica de tamizado puesto que las diferencias entre cultivares no fueron detectadas. Concluyeron que la medida de la capacidad de retención de agua en hojas cortadas mostró ser la más prometedora de las técnicas evaluadas.

Parsons y Howe (1984) hicieron una comparación de dos especies de frijol bajo condiciones de estrés de humedad, una de frijol Tepary (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) resistente a sequía y una de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) más susceptible a sequía. El estudio fue realizado para determinar la relación entre el potencial de agua en la hoja, potencial osmótico, potencial de turgencia y contenido - -

relativo de agua (RWC). Encontraron que el potencial osmótico de frijol Tepary fue significativamente mas bajo que el de los cultivares de frijol común, pero hubo poca diferencia en el potencial osmótico entre las variedades de esta especie.

El conocimiento de diferencias entre potenciales osmóticos y de turgencia dentro de especies podría ser útil en mejoramiento para resistencia a sequía en *Phaseolus*.

Cortés y Sinclair (1986) sugirieron dos técnicas principales para mantener el desarrollo del cultivo bajo condiciones de sequía. Una de las técnicas es maximizar la reserva del agua del suelo extrayendo completamente el agua que existe en la zona de raíces y/o extendiendo la longitud de las raicillas, así la cantidad de la reserva de agua es incrementada. La segunda es formar plantas mas robustas bajo sequía para mantener la turgencia de los tejidos por medio del mas bajo potencial osmótico.

Variabilidad para el Sistema Radical

Briggs y Shantz (1912) señalaron que las plantas con sistemas radiculares gruesos y escasamente ramificadas dejan sin aprovechar mucha mas agua del suelo que aquellas con sistemas radiculares mas ramificadas, como los zacates.

Weihing (1935) encontró que el sistema radical propagado, volumen de raíz y peso de la raíz fueron mayores para variedades de maíz de maduración tardía.

Cahoon y Morton (1961) mencionaron que el total del agua disponible para la planta depende de la extensión que tenga el sistema radicular. Mientras mas extensos son los sistemas radiculares mayor es el agua disponible a las plantas.

Levitt (1972) indicó que las plantas con raíces mas profundas mostraron el mecanismo de evitación a la sequía en comparación con las plantas con crecimiento de raíces superficiales.

Parsons (1979) señala que las plantas con grande, profundo o bien ramificado sistema de raíces pueden extraer mas agua del suelo y aplaza o retrasa los efectos de desecación. Las diferencias genéticas dentro de especies ocurren en tamaño de raíz y proporción de raíz con el vástago. Sin embargo, esta proporción cambia con la edad y tamaño de la planta. La apropiada estrategia de mejoramiento para sistemas radicales puede variar con el clima y el suelo.

Zamora (1984) realizando estudios de la variabilidad genética del sistema radical, concluyó que el desarrollo de raíces se afecta considerablemente por el ambiente. El coeficiente de variación fenotípica para cada carácter es mas alto que el coeficiente de variación genética. Este efecto de ambiente fue mas marcado en la etapa de prefloración (I) que en las etapas de floración (II) y madurez fisiológica (III).

Evaluación del Potencial del Sistema Radical

Hurd (1968) evaluó siete variedades de trigo de primavera en dos niveles de humedad y señala que los modelos de raíz de las diferentes variedades ayuda a explicar sus funciones en el rendimiento a diferentes niveles de humedad. También menciona que el suelo franco fue mas satisfactorio para usarse en los estudios de raíz que el suelo arcilloso, a medida que tiende a acentuar las diferencias en respuesta a bajos y altos niveles de humedad.

Turner (1979) mencionó que el incremento en el peso seco de raíces indica una mayor densidad de crecimiento de raíces a mayor profundidad de crecimiento de las mismas, este es un mecanismo importante de adaptación morfológica para una mayor extracción de agua del suelo para mantener un alto potencial de humedad de la planta.

Carrigan y Frey (1980) midieron el volumen del sistema radical en intervalos regulares durante el ciclo de desarrollo de seis genotipos de avena desarrollados hidropónicamente. El volumen de raíz fue medido en cada parcela a intervalos semanalmente por desplazamiento de agua. Cuando maduraron las plantas, estas fueron cosechadas en cada parcela, se separaron sus raíces, paja, panículas y fueron secadas. Se tuvo diferencia significativa entre los genotipos en cuanto al volumen, peso final de raíz, peso de panícula y paja. La relación entre genotipos para volumen de raíz variaron con el período de medida. El volumen de raíz por parcela fue -

absolutamente similar para todos los genotipos hasta la sexta semana; después de seis semanas los volúmenes de raíz para cinco genotipos evaluados no cambió mucho, pero el volumen de una de ellas (A. steriles) se incrementó a las seis y 16 semanas, también tuvo la mas alta significancia para raíz, paja, peso de panícula y cosecha.

Robertson *et al.* (1985) concluyeron que la técnica de herbicida en banda puede ser usada para tamizar un número grande de genotipos en el campo para la presencia de un rápido desarrollo radical. Para cosechas de estación corta, la proporción del desarrollo de la raíz en los dos primeros meses en el campo sería un buen predictor de la profundidad y extensión final de la raíz.

Pérdida de Humedad en las Plantas Mediante la Transpiración

Millar y Gardner (1972) mencionaron que la transpiración y las tasas de producción de materia seca decrecieron en forma curvilínea a medida que el potencial hídrico del suelo disminuyó. Se tuvo una disminución del 47 por ciento en la tasa de producción de materia seca cuando los potenciales hídricos del suelo bajaron de -0.28 a -0.40 bares. El cierre estomático debido a la carencia de agua redujo en mayor grado la tasa de crecimiento que la transpiración.

Características de Apoyo para Selección de Genotipos bajo Temporal

Killen y Andrew (1969) mencionaron que los genotipos de maíz muestran un amplio rango de respuesta a condiciones mínimas de humedad. Sin embargo, la selección para resistencia a sequía en el campo es a menudo incierta a causa de las fluctuaciones ambientales. Técnicas confiables de tamizado que están correlacionadas con la respuesta a sequía en el campo pueden facilitar el aislamiento de germoplasma resistente a sequía y también contribuyen a estudios básicos sobre la naturaleza de resistencia a sequía. Los mismos autores describieron tres métodos objetivos de medición para resistencia a la sequía como son:

- 1) Prueba para calor y sequía atmosférica de plántulas.
- 2) Prueba para estabilidad clorofílica del tejido foliar.
- 3) Prueba de inhibición y conducción de hojas cortadas.

Hurd (1974) indicó que un sistema radical extensivo está asociado con resistencia a sequía en trigo y que la selección para alto rendimiento bajo condiciones de estrés de humedad se realiza en base a un sistema radical largo; mientras que los mejoradores han seleccionado conciente o inconcientemente para raíz extensiva, la creación de un programa

sistemático para un deseable sistema radical contribuiría a altos rendimientos bajo estrés de humedad. También menciona que la herencia de caracteres asociados con sequía son complejos y que mejorar para una combinación de atributos requiere el uso de:

- a) Pocos progenitores estudiados cuidadosamente.
- b) Una población grande que permita la combinación de muchos genes favorables.
- c) Pruebas de rendimiento de generaciones tempranas (F_3 si prácticamente tienden a la homogeneidad).

Componentes del Rendimiento y sus Implicaciones en el Mejoramiento de Frijol

Rowlands (1955) indicó que los componentes primarios son influenciados en forma adicional por un número de componentes secundarios tales como primer nudo de floración, primer nudo de formación de vainas, número de nudos, altura de planta y número de ramas.

Grafius (1960) indicó que los componentes de rendimiento pueden ser de gran valor para mejorar el rendimiento en los cultivos.

Duarte y Adams (1972) llevaron a cabo un análisis de coeficientes de sendero de los efectos directos e indirectos del número y tamaño de hojas sobre el número de vainas por -

planta, número de semillas por vaina y peso de semilla. Los datos en los cuales el análisis fue basado fueron obtenidos de las familias F_3 y F_4 en un experimento de selección recurrente evaluado en tres localidades; encontrando que el carácter vainas por planta no está correlacionado con granos por vaina; con peso de 100 semillas muestra una correlación negativa y una correlación altamente significativa con el rendimiento. Granos por vaina y peso de semilla tuvo una correlación negativa y significativa; con el carácter rendimiento mostró una correlación positiva y significativa mientras que el peso de semilla con rendimiento no estuvo correlacionado.

Aguilar (1986) señaló que en relación a los componentes del rendimiento LEF-I-RB (línea experimental de frijol común) presentó los mayores promedios para la producción de semillas por vaina y para el peso de la semilla en todas las condiciones de humedad; sin embargo, en lo que respecta a la producción de vainas por planta, manifestó una tendencia a presentar promedios mas bajos.

Estabilidad de los Genotipos bajo Temporal

Keim y Kronstad (1979) evaluaron nueve variedades de trigo de invierno para resistencia a sequía y adaptación a un amplio rango de ambientes de humedad limitada. La resistencia a sequía es descrita en términos de rendimiento relativo de grano bajo severo estrés de humedad del suelo. Las

bajas desviaciones de los cuadrados medios estimados indicaron que la respuesta de las variedades fue altamente predecible cuando se basó en el rendimiento medio del sitio. Sin embargo, sus pequeños valores de coeficiente de regresión - (b) obtenidos no indican una amplia adaptación. La dismilaridad de características morfológicas de las variedades "Yamhill" y "Wanser" indica que esas características morfofisiológicas pueden condicionar su resistencia a sequía. El grado de asociación de resistencia a sequía y amplia adaptación tiene implicaciones en mejoramiento para combinar ambas características en una simple variedad.

Parámetros Genéticos

Matzinger y Cockerham (1963) señalan que las estimaciones de las varianzas genéticas, ambientales y covarianzas, en cada caso son funciones lineales de varios cuadrados medios y/o productos medios, asumiendo que todos los efectos son distribuidos normalmente, las estimaciones de las varianzas son funciones de los valores esperados de los cuadrados medios y los productos.

Dudley y Moll (1969) definieron la heredabilidad en sentido amplio como la proporción entre la varianza genética total y la varianza fenotípica y la heredabilidad en sentido estrecho como la proporción de la varianza genética aditiva y la varianza fenotípica. También definieron a la varianza fenotípica como la varianza total entre fenotipos desarrollados en ambientes de interés; varianza genética total es la

parte de la varianza fenotípica, la cual puede ser atribuida a diferencias genotípicas entre los fenotipos.

Aggarwal y Singh (1973) realizaron un estudio de siete características en 38 variedades de frijol común, encontrando un alto valor de heredabilidad en sentido amplio para las características vainas por planta y peso de 100 semillas.

Yassin (1973) determinó varianzas fenotípicas y genotípicas para rendimiento y componentes del rendimiento en 10 variedades de haba. Obtuvo importantes cantidades de varianza genotípica para rendimiento por parcela, peso de 1000 semillas y número de vainas por planta.

Talbert *et al.* (1983) mencionaron que el estudio de la heredabilidad en sentido amplio y estrecho tienen utilidad en la determinación de criterios de selección.

Mosqueda (1984) concluyó que la heredabilidad en sentido amplio de algunas características varió desde 36 por ciento, siendo el valor más bajo en el carácter rendimiento por planta, hasta el carácter peso de 100 semillas, que mostró el valor más alto de heredabilidad, siendo este de 96 por ciento. La mayoría de los caracteres presentaron alto grado de heredabilidad, lo cual permite hacer una selección efectiva.

Correlaciones entre Diferentes Características Agronómicas en Leguminosas

Heinrichs (1948) menciona que en las regiones de baja precipitación la resistencia a la sequía es un factor -

importante para la supervivencia de muchas gramíneas y leguminosas. La resistencia a la sequía va generalmente asociada a una maduración precoz, a menor área foliar y a una recuperación lenta después del pastoreo. Las especies resistentes a la sequía tienden con frecuencia a interrumpir su crecimiento durante los períodos a mediados del verano con altas temperaturas y suelo seco, pero tienen la capacidad de reiniciar el mismo cuando disponen nuevamente de humedad en el suelo.

Ibrahim (1954) registró en haba (*Vicia faba* L.) correlaciones positivas entre rendimiento por planta y altura, número de ramas, número de vainas y número de semillas por vaina.

Johnson *et al.* (1955) citaron que un conocimiento de las correlaciones fenotípicas y genotípicas entre rendimiento y componentes del rendimiento puede ayudar en la planeación eficiente de los programas de mejoramiento.

Al-Jibouri *et al.* (1958) reportaron que si la asociación entre caracteres es debido a efectos pleiotrópicos sería muy difícil obtener las combinaciones deseadas.

Kambal (1969) mencionó que en haba (*Vicia faba* L.) los estudios de correlación son de interés para el mejorador porque ellos indican la facilidad relativa con la cual las diferentes características pueden ser seleccionadas al mismo tiempo. El mismo autor calculó correlaciones entre rendimiento y otras características de la planta y entre - - -

componentes del rendimiento, y observó que vainas por planta mostró la mas alta correlación con rendimiento y que la selección para alto rendimiento puede basarse en esto. Peso de semillas estuvo asociado negativamente con número de vainas y semillas por vaina, pero los valores del coeficiente de correlación fueron también bajos para ser de valor predictivo. Correlaciones múltiples indicaron que 95 a 98 por ciento de la variabilidad en el rendimiento fue explicada por los componentes número de vainas, semillas por vaina y peso de semilla.

Rasmusson y Cannell (1970) mencionan que los componentes del rendimiento son influenciados por el medio ambiente y que las correlaciones negativas son muy comunes entre ellos y por lo tanto, la selección de un sólo componente del rendimiento puede fracasar en la obtención de plantas superiores a través de la selección.

Ishag (1973) estudió el desarrollo y rendimiento de cuatro variedades de haba en condiciones de campo, y observó que el rendimiento estuvo fuertemente asociado con el número de vainas por planta. El peso promedio de semillas y número de semillas por vaina tuvo poca variación entre las diferentes densidades de plantas, pero las medias varietales fueron significativamente diferentes.

Picasso (1973) encontró correlaciones fenotípicas positivas y significativas del carácter días a floración con el número de vainas por planta, con peso de 100 semillas y

granos por vaina, mientras que entre días a primera flor y peso de 100 semillas la correlación fue negativa. El carácter rendimiento estuvo asociado positiva y significativamente con granos por vaina.

Beltrán (1973) y Díaz (1974) señalaron que el mayor rendimiento de grano por planta esta asociado a una mayor producción de materia seca total por planta.

Hall y Grantz (1981) señalan que la resistencia a sequía de las selecciones evaluadas estuvo asociada con una floración y una repartición temprana de materia seca hacia las partes reproductivas. Ellos demostraron también que las plantas elegidas las cuales tienen vainas que maduran pronto en una temporada puede ser un método efectivo para mejorar la resistencia a sequía de frijol *Vigna unguiculata* L. Además una floración temprana, no puede dar por resultado un mejoramiento de resistencia a sequía si ésta no es acompañada por una importante repartición temprana hacia las partes reproductivas.

Sánchez (1981) utilizando los promedios de las características medidas en diferentes localidades estimó correlaciones, señalando que los pares de características que mostraron porcentajes de mayor correlación fueron: peso de 100 semillas, rendimiento por planta y semillas por vaina con rendimiento por hectárea.

Mosqueda (1984) observó correlaciones negativas entre el número de granos por vaina y peso de 100 semillas, lo

cual obstaculiza la combinación de estos dos componentes del rendimiento. También reportó una correlación positiva entre rendimiento por planta y rendimiento por hectárea.

Cortinas (1985) registró una correlación positiva y significativa entre el rendimiento por hectárea con rendimiento por planta, vainas por planta y semillas por vaina, por lo cual estas características pueden ser empleadas como índice de selección para identificar genotipos con alto rendimiento de frijol.

Kuruvadi (1986) mencionó que los valores de los coeficientes de correlación estimados entre diferentes pares de características de plantas proporcionan el grado de relación entre diferentes características agronómicas. Un conocimiento de correlación facilita la clasificación de las características útiles y no útiles en un programa de selección y determina un eficiente criterio de selección en las especies alógamas, autógamas, así como de propagación vegetativa.

3. MATERIALES Y METODOS

Localización del Experimento

Para lograr los objetivos planteados anteriormente, - se establecieron dos experimentos con frijol Tepary (*Phaseolus acutifolius* A. Gray); uno de ellos fue sembrado bajo condiciones de temporal en cada una de las siguientes localidades: - Campo Agrícola Experimental Auxiliar en Cuencamé, perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y en el Campo Agrícola Experimental Auxiliar en Francisco I. Madero, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) ubicadas en el estado de Durango, mientras que el segundo experimento se realizó en uno de los invernaderos de la UAAAN en Saltillo, Coah.

Los títulos de los dos experimentos se mencionan a continuación:

- 1) Evaluación de rendimiento y características cuantitativas de 20 genotipos de frijol Tepary, bajo condiciones de temporal.
- 2) Estudio del potencial del sistema radical de 20 genotipos de frijol Tepary bajo condiciones de invernadero.

Las evaluaciones bajo condiciones de invernadero y temporal se llevaron a cabo durante los ciclos agrícolas: - Primavera-Verano y Otoño-Invierno de 1986, respectivamente.

Material Genético

Los materiales genéticos incluidos en los experimentos uno y dos fueron los mismos, los cuales se presentan en el Cuadro 3.1 así como su origen y color de grano.

El material genético utilizado consistió en 20 genotipos de frijol Tepary proporcionados por el Banco de germoplasma de la Unidad de Recursos Genéticos del INIFAP. Estos materiales poseen una amplia gama de variabilidad para diferentes características agronómicas tales como: rendimiento, vainas por planta, semillas por vaina, peso de 100 semillas, materia seca total, altura de planta, días a floración, días a madurez fisiológica, tamaño y color de grano, además poseen alta tolerancia para condiciones de sequía. De los 20 genotipos incluidos, 15 fueron originarios de seis estados (Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Morelos, Chiapas y Campeche) de la República Mexicana y uno de Guatemala (*Phaseolus acutifolius*-46). Además se incluyeron como testigos cuatro genotipos de frijol Tepary (Chapingo-24, Chapingo-25, P.I. 231638 y P.I. 319551) y dos variedades de frijol común (Pinto Nacional Criollo y Ojo de Cabra Sta. Rita) de la especie *Phaseolus vulgaris* L. los cuales fueron seleccionados en base al comportamiento que presentaron en estudios realizados en ciclos anteriores por el Campo Agrícola Experimental Valle del Guadiana

Cuadro 3.1. Origen y color de grano de los materiales genéticos utilizados en la presente investigación

Colecta/Variedad	Origen	Color de grano
Ojo de cabra Sta. Rita*	Chihuahua	Café
Pinto nacional criollo*	Durango	Crema café
<i>Phaseolus acutifolius</i> -39	Chiapas	Pinto
<i>Phaseolus acutifolius</i> -44	Morelos	Pinto
<i>Phaseolus acutifolius</i> -46	Guatemala	Pinto
<i>Phaseolus acutifolius</i> -49	Campeche	Negro
<i>Phaseolus acutifolius</i> -65	Sinaloa	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -74	Sinaloa	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -79	Sinaloa	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -84	Sonora	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -86	Sonora	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -99	Sonora	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -106	Sonora	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -112	Sonora	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -113	Sonora	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -121	Sonora	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -127	Chihuahua	Blanco
<i>Phaseolus acutifolius</i> -129	Chihuahua	Blanco
Chapingo-24**		Blanco
Chapingo-25**		Blanco
P.I. 231638**		Blanco
P.I. 319551**		Blanco

* Testigos de la especie *Phaseolus vulgaris*

** Testigos de la especie *Phaseolus acutifolius*

en diferentes municipios del estado de Durango, donde se observó que poseen alto rendimiento y características de tolerancia a la sequía.

Diseño Experimental

Experimento Uno

Los tratamientos fueron distribuidos en el campo utilizando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental se formó de cuatro surcos de seis metros de longitud; la distancia entre surcos fue de 76 cm. - Como parcela útil se tomaron los dos surcos centrales de cada parcela, eliminando 50 cm en cada extremo para tener una superficie total de 7.6 m².

Experimento Dos

En este experimento el diseño, así como el número de repeticiones fue el mismo que se utilizó en el Experimento - Uno. Las unidades experimentales fueron bolsas de polietileno color negro (38 x 20 cm, altura y diámetro respectivamente), las cuales se llenaron con suelo de bosque fumigado y cribado, mezclado con un 30 por ciento de arena para facilitar la recuperación de la masa radical y un siete por ciento de grava para tener buen drenaje.

Establecimiento y Conducción de los Experimentos

Experimento Uno

La siembra del experimento se realizó a chorrillo en tierra venida en las localidades de Cuencamé y Francisco I. Madero, Dgo. los días tres y nueve de julio respectivamente y se aclaró a los ocho días después de que emergieron las plantas, dejando un espaciamiento entre ellas de 15 cm aproximadamente. No se fertilizó, las labores culturales se realizaron de acuerdo a las recomendaciones para el cultivo del frijol común en el Estado de Durango (INIA 1977).

De la siembra a la cosecha, el experimento dependió para su crecimiento y desarrollo única y exclusivamente del agua de lluvia. El total de la precipitación pluvial y temperatura media registrada durante el ciclo del cultivo, así como su distribución en cada localidad de prueba se muestra en la Figura 3.1.

Experimento Dos

Este experimento fue establecido el día 31 de mayo depositándose cinco semillas por bolsa y después de que germinaron y emergieron se dejaron sólo las dos plantas más vigorosas, se empleó una bolsa por tratamiento y por repetición.

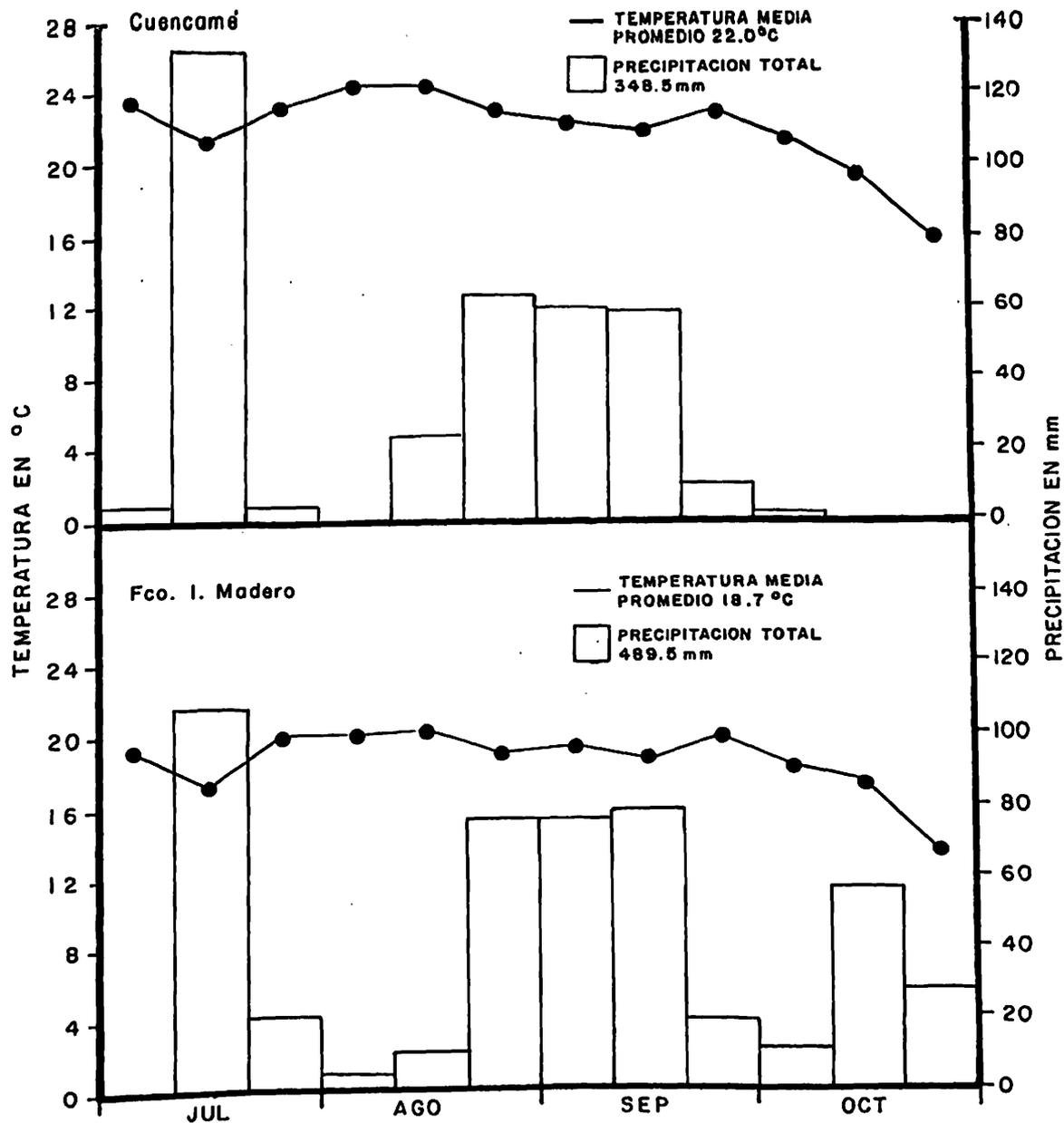


Figura 3.1 Temperatura media y precipitación total en lapsos de diez días, de Julio a Octubre de 1986 en las localidades de Cuencamé y Francisco I. Madero, Dgo.

Después del riego de presiembra, los siguientes se aplicaron hasta el momento en que las hojas mostraron síntomas de marchitez, aplicándose solamente dos litros de agua - por riego y por bolsa, los cuales se llevaron a cabo a los 40 y 55 días después de la siembra respectivamente.

Se presentó el ataque de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* West Wood) y del minador de la hoja (*Liriomyza* sp.), para su control se aplicaron los insecticidas adecuados para cada uno de ellos respectivamente.

A los 80 días después de la siembra se cortó la porción vegetativa de cada tratamiento y se determinó su peso fresco, posteriormente se introdujeron en bolsas de papel con perforaciones y se depositaron dentro de la estufa a una temperatura de 60°C durante 24 horas para obtener su peso seco. En seguida se cortaron las bolsas de polietileno y se lavó el suelo con agua para recuperar la masa del sistema radical de cada tratamiento, siendo colocada sobre un plato de aluminio para determinar su peso seco siguiendo el mismo procedimiento anterior.

Caracteres Medidos

Experimento Uno

Los siguientes datos se obtuvieron tomando como base el promedio de cinco plantas con competencia completa, etiquetadas al azar dentro de cada parcela útil:

1. Altura de planta. Expresada en centímetros a partir de la base del tallo hasta la parte terminal de la planta.
2. Vainas por planta. Número total de vainas con semilla en plantas etiquetadas al momento de la cosecha determinando su promedio.
3. Semillas por vaina. Se cuantificó el número de semillas en cinco vainas de cada una de las - - plantas etiquetadas determinando su promedio.
4. Rendimiento por planta individual. Se cuantificó el rendimiento en gramos de las plantas etiquetadas determinando su promedio.

Los siguientes datos fueron tomados en base a la parcela útil:

- 1) Días a 50 por ciento de floración. Número de - días transcurridos desde la siembra hasta que - al menos un 50 por ciento de las plantas presentaron flores.
- 2) Días a madurez fisiológica. Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la cosecha, realizada cuando las plantas se pueden arrancar sin causar efecto sobre el rendimiento del grano.
- 3) Peso de 100 semillas. Peso en gramos de 100 semillas tomadas al azar del rendimiento de cada parcela.

- 4) Rendimiento en kilogramos por hectárea. Rendimiento de la parcela útil multiplicado por un factor de conversión.

Experimento Dos

Las variables medidas se presentan a continuación:

1. Peso seco de raíz. Es el peso promedio en gramos de la masa radical después de secarla en la estufa a una temperatura de 60°C durante 24 horas.
2. Peso fresco del vástago. Es el peso en gramos de la parte aérea de la planta al momento de ser cortadas.
3. Peso seco del vástago. Es el peso en gramos de la parte aérea de la planta después de secarla en la estufa a una temperatura de 60°C durante 24 horas.
4. Peso seco total. Es la suma del peso seco total en gramos del vástago y de la raíz.
5. Relación entre el peso seco de raíz/vástago. Es la relación que existe entre el peso seco de la raíz y el peso seco del vástago.
6. Vainas por planta. Promedio de las vainas producidas por las dos plantas en estudio al momento de la cosecha.

7. Semillas por vaina. Se considera el promedio de 10 vainas tomadas al azar de las dos plantas en estudio al momento de la cosecha.
8. Altura de planta. Expresada en centímetros a partir de la base del tallo hasta la parte terminal de la planta.

Análisis Estadístico

Análisis de Varianza Individual

Los promedios de las características evaluadas en los experimentos uno y dos se utilizaron para realizar el análisis de varianza en base al siguiente modelo estadístico lineal.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + \xi_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t \text{ (tratamientos)}$$

$$j = 1, 2, \dots, r \text{ (repeticiones)}$$

donde:

Y_{ij} = respuesta observada en el i -ésimo tratamiento de la j -ésima repetición

μ = efecto medio de las observaciones

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento con respecto a la media

R_j = efecto de la j -ésima repetición con respecto a la media

ξ_{ij} = error experimental

Las consideraciones generales del modelo son:

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

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

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

entonces:

$$\bar{Y}_{..} = \text{es un estimador de } \mu$$

$$\bar{Y}_{i.} = \text{es un estimador de } \mu + T_i$$

$$\bar{Y}_{.j} = \text{es un estimador de } \mu + R_j$$

bajo los supuestos:

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r \xi_{ij} = R_j = 0$$

$$T_i \sim \text{NI}(0, \sigma^2)$$

$$\xi_{ij} \sim \text{NI}(0, \sigma^2)$$

Los ξ_{ij} y T_i son variables aleatorias independientes normalmente distribuidas con media 0 y varianza σ^2 .

Cuadro 3.2. Análisis de varianza individual

Fuentes de variación	g.l.	C.M.	E.C.M.
Repeticiones	r-1		
Tratamientos	t-1	M_2	$\sigma_e^2 + r\sigma_t^2$
Error	(r-1)(t-1)	M_1	σ_e^2
Total	rt-1		

El coeficiente de variación se obtuvo mediante la fórmula:

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

donde:

CME = cuadrado medio del error

\bar{X} = media general

Para las variables que mostraron diferencias entre tratamientos se procedió a realizar la prueba de comparación de medias para la cual se utilizó la diferencia mínima significativa (DMS) que consiste en lo siguiente:

$$DMS = t_{\alpha} \text{ (g.l. del error)} \sqrt{\frac{2CME}{r}}$$

donde:

t_{α} (g.l. del error) indica el valor de t

CME = varianza o cuadrado medio del error experimental

r = número de repeticiones

El análisis de varianza individual permitió calcular los parámetros genéticos tales como varianza genotípica, varianza fenotípica y heredabilidad en sentido amplio para todas las características en estudio mediante las siguientes fórmulas:

$$Vg = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

$$Vf = Vg + \frac{M_1}{r}$$

$$h^2 = \frac{Vg}{Vf}$$

donde:

V_G = varianza genotípica

V_f = varianza fenotípica

h^2 = heredabilidad en sentido amplio

M_2 = cuadrado medio de los tratamientos

M_1 = cuadrado medio del error

r = número de repeticiones

Análisis de Varianza Combinado

Posteriormente se realizó un análisis combinado con los promedios de las características medidas en el experimento uno en las dos localidades, utilizando el modelo estadístico lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_k + R_{kj} + (TA)_{ik} + \xi_{ijk}$$

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

$k = 1, 2, \dots, a$ (ambientes)

donde:

Y_{ijk} = respuesta observada en el i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición en el k -ésimo ambiente

μ = efecto medio de las observaciones

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento con respecto a la media

A_k = efecto del k -ésimo ambiente con respecto a la media

R_{kj} = efecto de la j -ésima repetición en el k -ésimo ambiente

$(TA)_{ik}$ = efecto del i -ésimo tratamiento en el k -ésimo ambiente

ξ_{ijk} = error experimental

Cuadro 3.3. Análisis de varianza combinado

Fuentes de variación	g.l.	C.M.	E.C.M.
Ambientes	$a - 1$		
Rep/Ambiente	$(r-1)a$		
Tratamientos	$t - 1$	M_3	$\sigma_e^2 + r\sigma^2 Ta + ra\sigma^2 t$
Trat/Ambiente	$(t-1)(a-1)$	M_2	$\sigma_e^2 + r\sigma^2 Ta$
Error	$(t-1)(r-1)a$	M_1	σ_e^2
Total	$tra - 1$		

Para calcular los parámetros genéticos mediante el análisis de varianza combinado se utilizaron las mismas fórmulas del experimento uno, las cuales fueron ligeramente modificadas por la introducción de la variable ambientes quedando como sigue:

$$V_g = \frac{M_3 - M_2}{ra}$$

$$V_f = \frac{M_1}{ra} + \frac{M_2 - M_1}{ra} + V_g$$

$$h^2 = \frac{V_g}{V_f}$$

donde:

V_g = varianza genética

V_f = varianza fenotípica

h^2 = heredabilidad en sentido amplio

M_3 = cuadrado medio de tratamientos

M_2 = cuadrado medio de la interacción

M_1 = cuadrado medio del error

r = número de repeticiones

a = número de ambientes

Las correlaciones fenotípicas se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$r_f = \frac{\text{Cov } f_{x,y}}{\sqrt{\sigma^2_{fx} \cdot \sigma^2_{fy}}}$$

donde:

r_f = correlación fenotípica

$\text{Cov } f_{x,y}$ = producto de los cuadrados medios de la variable x e y

σ^2_{fx} = varianza fenotípica de la variable x

σ^2_{fy} = varianza fenotípica de la variable y

4. RESULTADOS

El análisis de varianza para las diferentes características agronómicas estudiadas en frijol Tepary bajo condiciones de temporal en Cuencamé y Francisco I. Madero, Dgo, se presentan en los Cuadros 4.1 y 4.2 respectivamente. En ambas localidades se detectaron diferencias significativas para las características rendimiento por hectárea, semillas por vaina, peso de 100 semillas y altura de planta. También se encontró significancia en Cuencamé para días a 50 por ciento de floración y madurez fisiológica y en Francisco I. Madero para rendimiento por planta individual y vainas por planta. No se detectaron diferencias significativas para rendimiento por planta individual y vainas por planta en Cuencamé, igualmente para las características días a 50 por ciento de floración y días a madurez fisiológica en Francisco I. Madero.

El porcentaje del coeficiente de variación fluctuó de 3.77 (peso de 100 semillas) a 55.02 (vainas por planta) en Cuencamé y de 4.06 (peso de 100 semillas) a 34.46 (rendimiento por hectárea) en Francisco I. Madero.

El análisis de varianza combinado de las diferentes características agronómicas estudiadas en Cuencamé y Francisco I. Madero (Cuadro 4.3) indicó diferencias significativas

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Cuencamá, Dgo.

Fuentes de variación	g.l.	Rendimiento por hectárea	Rendimiento por planta individual	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	Altura de planta	Días a floración	Días a madurez fisiológica
Repeticiones	2	506221.015	138.979	817.593	0.130	0.166	37.629	18.727	19.106
Tratamientos	21	80826.626*	82.371 NS	556.233 NS	0.555**	136.122**	16.886*	107.466**	121.770**
Error	42	68158.079	66.835	318.530	0.231	0.368	7.674	21.219	14.519
Total	65	132677.154	114.639	635.579	0.514	68.437	17.909	75.844	76.313
C.V. (%)		42.39	51.51	55.02	9.67	3.77	14.15	9.82	4.71

*, ** significativo al cinco y uno por ciento de probabilidad, respectivamente

NS no significativo

C.V. coeficiente de variación

Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza para diferentes características agronómicas de frijol tepary en Francisco I. Madero, Dgo.

Fuentes de variación	g.l.	Rendimiento							Días a madurez fisiológica
		Rendimiento por hectárea	Rendimiento por planta individual	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	Altura de planta	Días a 50% floración	
Repeticiones	2	92310.242	4.225	32.090	0.002	0.366	13.457	24.061	32.561
Tratamientos	21	42899.123*	32.444**	234.014**	1.392**	178.367**	10.835*	88.838 NS	121.807 NS
Error	42	20072.909	5.951	26.732	0.085	0.332	5.782	63.870	94.592
Total	65	45918.197	24.874	145.267	0.781	89.533	11.840	109.435	157.046
C.V. (%)		34.46	27.24	23.30	6.02	4.06	15.93	13.88	9.70

*, ** significativo al cinco y uno por ciento de probabilidad, respectivamente

NS no significativo

C.V. coeficiente de variación

Cuadro 4.3. Cuadros medios del análisis de varianza combinado para diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Francisco I. Madero y Cuencamé, Dgo.

Fuentes de variación	g.l.	Rendimiento por hectárea	Rendimiento por planta individual	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	Altura de planta	Días a floración	Días a madurez fisiológica
Localidades	1	1383342.19 NS	1579.91**	3467.88*	0.51 NS	121.61**	661.07**	3744.01**	12509.28**
Tratamientos	21	76267.62*	95.09**	606.89**	1.55**	311.48**	14.10*	163.55**	213.22**
Trat x Loc	21	47458.13 NS	24.73 NS	183.36 NS	0.40**	3.01**	13.44*	32.75 NS	30.36 NS
Error B	84	44115.49	36.39	172.63	0.16	0.35	6.73	42.54	54.56
Total	131	67819.44	56.79	276.82	0.42	51.58	14.55	87.98	170.31
C.V. (%)		40.90	48.60	48.11	8.15	3.91	14.97	12.49	8.16

*, ** significativo al cinco y uno por ciento de probabilidad, respectivamente

NS no significativo

C.V. coeficiente de variación

para todas las características, revelando una variabilidad considerable en los genotipos incluidos en este estudio, la interacción entre genotipos y localidades presentó diferencias significativas para las variables semillas por vaina, peso de 100 semillas y altura de planta, mientras que para el resto de las variables no hubo diferencias significativas.

El porcentaje del coeficiente de variación tuvo valores que van desde 3.91 (peso de 100 semillas) a 48.60 (rendimiento por planta individual). Los promedios de las diferentes características agronómicas de frijol Tepary de las localidades de Cuencamé, Francisco I. Madero y combinado se muestran en los Cuadros 4.4 al 4.6, respectivamente.

El rendimiento por hectárea y por planta individual en Cuencamé varió entre 280.7 a 845.3 kg/ha y de 7.3 a 23.4 g, con un promedio de 615.8 kg/ha y 15.9 g respectivamente. Mientras que en Francisco I. Madero los valores obtenidos presentaron un rango de 255.0 a 811.0 kg/ha y de 1.7 a 14.8 g, siendo sus promedios de 411.1 kg/ha y 9.0 g para las mismas características anteriores.

Los genotipos con mayor rendimiento por hectárea en Cuencamé fueron: Pinto Nacional Criollo (845.3 kg/ha), Colecta-121 (838.7 kg/ha), Chapingo-24 (805.0 kg/ha), Ojo de Cabra Sta. Rita (788.3 kg/ha) y P.I. 231638 (787.7 kg/ha) mientras que en Francisco I. Madero fueron: Pinto Nacional Criollo (811.0 kg/ha), Colecta-86 (553.3 kg/ha), 106 (519.3 kg/ha), P.I. 319551 (498.0 kg/ha) y Ojo de Cabra Sta. Rita (485.3 kg/ha).

Cuadro 4.4. Promedios de diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Cuencamé, Dgo.

Colecta/variedad	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento por planta individual (g)	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas (g)	Altura de planta (cm)	Días a 50% floración	Días a madurez fisiológica
Ojo de Cabra Sta. Rita	788.3	17.7	18.8	4.6	39.3	26.1	49.3	92.0
Pinto Nacional Criollo	845.3	17.8	14.7	4.8	33.9	22.1	56.3	91.3
Phaseolus acutifolius - 39	437.7	7.3	12.7	4.4	13.1	19.0	58.7	90.7
Phaseolus acutifolius - 44	343.3	7.7	17.6	4.9	12.7	17.0	55.3	92.0
Phaseolus acutifolius - 46	280.7	6.4	21.5	4.6	13.0	16.4	58.0	88.3
Phaseolus acutifolius - 49	477.0	15.3	22.3	5.5	14.5	20.1	55.3	82.0
Phaseolus acutifolius - 65	625.3	15.3	27.1	5.4	14.9	18.5	43.3	74.3
Phaseolus acutifolius - 74	563.0	16.7	40.1	5.4	14.0	17.7	43.3	79.7
Phaseolus acutifolius - 79	772.3	23.4	59.0	5.4	12.9	19.0	43.3	81.0
Phaseolus acutifolius - 84	536.3	16.5	45.5	4.8	13.8	20.3	42.0	74.3
Phaseolus acutifolius - 86	371.0	13.4	25.1	4.8	13.0	18.3	41.7	75.7
Phaseolus acutifolius - 99	652.3	19.2	39.7	4.9	15.5	24.5	45.0	81.0
Phaseolus acutifolius - 106	707.0	23.3	49.1	4.8	15.4	19.3	42.0	73.0
Phaseolus acutifolius - 112	644.3	16.0	30.5	5.3	14.0	21.6	47.0	81.0
Phaseolus acutifolius - 113	563.0	13.7	36.0	4.7	14.4	18.7	42.0	75.0
Phaseolus acutifolius - 121	838.7	22.7	56.6	4.6	14.3	18.3	42.0	75.3
Phaseolus acutifolius - 127	738.7	21.2	40.7	5.5	14.4	18.5	41.7	75.7
Phaseolus acutifolius - 129	525.7	7.3	15.3	4.3	14.0	18.7	47.7	78.3
Chapingo-24	805.0	22.8	47.6	5.6	12.9	20.5	42.3	81.0
Chapingo-25	606.0	13.5	28.8	5.3	14.0	18.7	47.0	83.0
P.I. 231638	787.7	15.0	34.7	4.2	15.6	16.6	42.3	72.3
P.I. 319551	640.0	16.7	30.6	5.4	14.9	20.7	45.0	80.3
Promedio	615.8	15.9	32.5	5.0	16.1	19.6	46.8	80.8
DMS 5%	430.16	-	-	0.79	1.00	4.56	7.59	6.28

Cuadro 4.5. Promedios de diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Francisco I. Madero, Dgo.

Colecta/variedad	Rendimiento		Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas (g)	Altura de planta (cm)	Días a floración	Días a madurez fisiológica
	(kg/ha)	por planta individual (g)						
Ojo de Cabra Sta. Rita	485.3	14.3	10.7	4.2	40.4	13.6	58.3	109.7
Pinto Nacional Criollo	811.0	14.8	12.8	4.7	35.1	17.9	60.3	105.7
Phaseolus acutifolius - 39	327.3	2.1	8.1	3.1	11.1	12.9	68.7	110.0
Phaseolus acutifolius - 44	475.7	2.1	9.8	4.4	12.2	14.3	59.3	109.7
Phaseolus acutifolius - 46	336.7	1.7	4.5	3.3	11.0	13.3	68.0	107.3
Phaseolus acutifolius - 49	255.0	10.4	27.7	5.4	14.3	13.1	58.7	94.3
Phaseolus acutifolius - 65	352.7	7.8	21.3	5.2	11.3	13.6	62.3	99.7
Phaseolus acutifolius - 74	369.0	8.2	24.3	5.2	11.3	17.5	63.0	105.0
Phaseolus acutifolius - 79	370.3	8.0	19.1	5.3	10.6	14.0	51.0	95.0
Phaseolus acutifolius - 84	363.7	10.5	28.7	4.7	12.8	18.4	52.3	89.3
Phaseolus acutifolius - 86	553.3	10.3	30.2	4.6	12.7	16.0	49.7	94.0
Phaseolus acutifolius - 99	378.7	8.9	23.5	5.1	11.8	14.8	57.3	95.7
Phaseolus acutifolius-106	519.3	13.5	35.2	5.1	11.7	18.0	53.7	97.3
Phaseolus acutifolius-112	349.7	8.9	22.8	5.2	11.9	15.8	58.0	102.7
Phaseolus acutifolius-113	362.3	11.0	32.9	4.3	12.1	13.7	52.7	93.0
Phaseolus acutifolius-121	484.0	12.0	37.1	4.5	12.3	14.5	51.0	95.7
Phaseolus acutifolius-127	334.3	7.8	20.4	5.6	11.6	17.4	62.7	103.3
Phaseolus acutifolius-129	453.0	8.3	23.0	5.1	11.6	14.9	60.7	103.3
Chapingo-24	331.0	8.5	22.6	5.8	11.3	13.9	53.3	94.3
Chapingo-25	296.0	7.2	19.3	5.2	11.2	17.9	60.0	107.7
P.I. 231638	338.0	9.5	23.1	5.1	12.5	13.4	51.7	94.0
P.I. 319551	498.0	11.3	31.2	5.4	11.9	13.3	53.7	100.0
Promedio	411.1	9.0	22.2	4.8	14.2	15.1	57.6	100.3
DMS 5%	254.61	4.38	9.27	0.52	1.03	4.32	14.36	13.48

Cuadro 4.6. Promedios de diferentes características agronómicas combinadas de frijol Tepary en Francisco I. Madero y Cuencamé, Dgo.

Colecta/variedad	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento por planta individual (g)	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas (g)	Altura de planta (cm)	Días a floración	Días a madurez fisiológica
Ojo de Cabra Sta. Rita	636.8	16.0	14.8	4.4	39.9	19.9	53.8	100.9
Pinto Nacional Criollo	828.2	16.3	13.8	4.8	34.5	20.0	58.3	98.5
Phaseolus acutifolius - 39	382.5	4.7	10.4	3.8	12.1	16.0	63.7	100.4
Phaseolus acutifolius - 44	409.5	4.9	13.7	4.7	12.5	15.7	57.3	100.9
Phaseolus acutifolius - 46	308.7	4.1	13.0	3.4	12.0	14.9	63.0	97.8
Phaseolus acutifolius - 49	366.0	12.9	25.0	5.5	14.4	16.6	57.0	88.2
Phaseolus acutifolius - 65	489.0	11.6	24.2	5.3	13.1	16.1	52.8	87.0
Phaseolus acutifolius - 74	466.0	12.5	32.2	5.3	12.7	17.6	53.2	92.4
Phaseolus acutifolius - 79	571.3	15.7	39.1	5.4	11.8	16.5	47.2	88.0
Phaseolus acutifolius - 84	450.0	13.5	37.1	4.8	13.3	19.4	47.2	81.8
Phaseolus acutifolius - 86	462.2	11.9	27.7	4.7	12.9	17.2	45.7	84.9
Phaseolus acutifolius - 99	515.5	14.1	31.6	5.0	13.7	19.7	51.2	88.4
Phaseolus acutifolius - 106	613.2	18.4	42.2	5.0	13.6	18.7	47.9	85.2
Phaseolus acutifolius - 112	497.2	12.5	26.7	5.3	13.0	18.7	52.5	91.9
Phaseolus acutifolius - 113	462.7	12.4	34.5	4.5	13.3	16.2	47.4	84.0
Phaseolus acutifolius - 121	661.4	17.4	46.9	4.6	13.3	16.4	46.5	85.5
Phaseolus acutifolius - 127	536.5	14.5	30.6	5.6	13.0	18.0	52.2	89.5
Phaseolus acutifolius - 129	489.4	7.8	19.2	4.7	12.8	16.8	54.2	90.8
Chapingo-24	568.0	15.7	35.1	5.7	12.1	17.2	47.8	87.7
Chapingo-25	451.0	10.4	24.1	5.3	12.6	18.3	53.5	95.4
P. I. 231638	562.9	12.3	28.9	4.7	14.1	15.0	47.0	83.2
P. I. 319551	569.0	14.0	30.9	5.4	13.4	17.0	49.4	90.2
Promedio	513.5	12.4	27.4	4.9	15.2	17.4	52.2	90.6
DMS 5%	341.10	9.80	21.34	0.65	0.96	4.21	10.59	12.00

Considerando conjuntamente el rendimiento de ambas localidades, los genotipos Pinto Nacional Criollo, Colecta-121, Ojo de Cabra Sta. Rita y Colectas-106 y 79 fueron superiores en relación al resto de los genotipos estudiados, este mismo tipo de tendencia fue observado para el rendimiento de planta individual donde los genotipos mencionados anteriormente fueron mas sobresalientes para esta característica.

El promedio de vainas por planta obtenido en las localidades de Cuencamé, Francisco I. Madero y Análisis Combinado fue 32.5, 22.2 y 27.4, respectivamente; en Cuencamé los genotipos mas sobresalientes fueron las Colectas: 79 (59.0), 121 (56.6), 106 (49.1), Chapingo-24 (47.6), Colecta-84 (45.5) y 127 (40.7), mientras que en Francisco I. Madero las Colectas-121 (37.1), 106 (35.2), 113 (32.9), P.I. 319551 (31.2) y Colecta-86 (30.2) tuvieron un alto número de vainas en este estudio. Considerando los datos de ambas localidades en conjunto, las Colectas-121 (46.9), 106 (42.2), 79 (30.1) y Chapingo-24 (35.1) produjeron un mayor número de vainas por planta.

El número de semillas por vaina es también importante en la determinación del rendimiento total del frijol. Se encontró una ligera variación para el carácter semillas por vainas entre los genotipos estudiados en las localidades de Cuencamé y Francisco I. Madero; sin embargo, los valores mas altos de este carácter se obtuvieron con Chapingo-24 (5.6) y las Colectas-127 (5.5), 49 (5.5), 65, 74 y 79 produciendo estas tres últimas el mismo número de semillas por vaina (5.4) en Cuencamé. En Francisco I. Madero los genotipos con mayor número de semillas por vaina fueron Chapingo-24 (5.8), las Colectas-127

(5.6), 49 (5.4) y P.I. 319551 (5.4) estos mismos genotipos - presentaron una producción estable de semillas por vaina en - ambas localidades.

El peso de 100 semillas es otra característica que es está directamente involucrada en el rendimiento total del frijol. El carácter peso de 100 semillas mostró una amplia variabilidad entre los genotipos en ambas localidades, presentando una variación de 12.7 g (Colecta-44) a 39.3 g (Ojo de Cabra Sta. Rita) con un promedio de 16.1 g en Cuencamé. Mientras que en Francisco I. Madero la variación fue de 10.6 g - (Colecta-79) a 40.4 (Ojo de Cabra Sta. Rita) con un promedio de 14.2 g. Los genotipos Ojo de Cabra Sta. Rita y Pinto Nacional Criollo de la especie *Phaseolus vulgaris* L. empleados como testigos tuvieron los valores mas altos, mientras que - los genotipos de frijol Tepary presentaron para este carácter poca variación, siendo P.I. 231638 (15.6 g) y las Colectas-99 (15.5 g), 106 (15.4 g), 65 (14.9) y P.I. 319551 (14.9 g) las mas - sobresalientes en Cuencamé; y las Colectas-49 (14.3 g), 84 - (12.8 g), 86 (12.7), P.I. 231638 (12.5 g) y 121 (12.3) en Francisco I. Madero.

La altura de planta en Cuencamé mostró un rango de 16.4 cm (Colecta-46) a 26.1 cm (Ojo de Cabra Sta. Rita) con - un promedio de 19.6 cm, en Francisco I. Madero la variación fue de 12.9 (Colecta-39) a 18.4 cm (Colecta 84) con un promedio de 15.1 cm, mientras que en el Análisis Combinado se tuvo una fluctuación de 14.9 cm (Colecta-46) a 20.0 cm (Pinto Nacional Criollo) siendo su promedio de 17.4 cm.

En la localidad de Cuencamé la mayor altura de planta se presentó en los genotipos Ojo de Cabra Sta. Rita (26.1 cm) Colecta-99 (24.5 cm), Pinto Nacional Criollo (22.1 cm) y Colecta-112 (21.6 cm). Mientras que en Francisco I. Madero las mas sobresalientes fueron las Colectas-84 (18.4 cm), 106 (18.0 cm), Pinto Nacional Criollo (17.9 cm), Chapingo-25 (17.9 cm) y la Colecta-74 (17.5 cm). En la localidad de Cuencamé se tuvieron valores superiores de altura de planta en comparación a los que se registraron en Francisco I. Madero.

En el análisis combinado los genotipos mas altos fueron Pinto Nacional Criollo (20.0 cm), Ojo de Cabra Sta. Rita (19.9 cm), Colecta-99 (19.7 cm) y 84 (19.4 cm) en comparación con el resto de los genotipos.

El carácter días a 50 por ciento de floración se presentó en un rango de 41.7 a 58.7 días con una media de 46.8 días en Cuencamé. En Francisco I. Madero el rango fue de 49.7 a 68.7 días con un promedio de 57.6 días; en tanto que el análisis combinado reportó una variación de 46.5 a 63.7 días con una media de 52.2 días. En Cuencamé las Colectas-86, 127, 84, 113, 121, 106, Chapingo-24 y P.I. 231638 fueron las mas precoces presentando un rango de 41.7 a 42.3 días; mientras tanto las Colectas-39, 46, Pinto Nacional Criollo, 44 y 49 fueron consideradas como tardías con un rango de 55.3 a 58.7 días. En Francisco I. Madero las Colectas-86, 79, 121, P.I. 231638 y Colecta-84 fueron las mas precoces con un rango de 49.7 a 52.3 días; mientras que las mas tardías fueron las Colectas-65, 127, 74, 46 y 39 donde se presentó un rango de 62.3 a 68.7 días.

El carácter días a madurez fisiológica presentó una variación de 72.3 a 92.0, 89.3 a 110.0 y de 81.8 a 100.9 días en Cuencamé, Francisco I. Madero y Análisis Combinado con un promedio de 80.8, 100.3 y 90.6 días, respectivamente.

En Cuencamé los genotipos mas precoces fueron P.I. - 231638, las Colectas-106, 84, 65 y 86 y los mas tardíos las Colectas-46, 39, Pinto Nacional Criollo, Ojo de Cabra Sta. Rita y Colecta-44. Mientras que en Francisco I. Madero los genotipos mas precoces fueron las Colectas-84, 113, 86 y P.I. 231638, siendo las mas tardías la Colecta-46, Chapingo-25, - Ojo de Cabra Sta. Rita y las Colectas-44 y 39.

En forma combinada las Colectas-84 (81.8), P.I. 231638 (83.2), 113 (84.0) y 86 (84.9) fueron las mas precoces, en tanto que los genotipos Ojo de Cabra Sta. Rita (100.9), Colecta-44 (100.9), 39 (100.4) y Pinto Nacional Criollo (98.5) fueron los mas tardíos.

En la localidad de Cuencamé (Cuadro 4.7) la heredabilidad en sentido amplio registró los máximos valores para el carácter peso de 100 semillas (99.74 por ciento), siguiéndole días a madurez fisiológica (88.08 por ciento) y días a 50 por ciento de floración (80.26 por ciento), los valores registrados para semillas por vaina (57.89 por ciento), altura de planta (54.53 por ciento) y vainas por planta (42.73 por ciento) son considerados como intermedios, mientras que los valores para rendimiento por planta individual (18.86 por ciento) y rendimiento por hectárea (15.67 por ciento) se consideran bajos.

Cuadro 4.7. Parámetros genéticos estimados para diferentes características agronómicas de frijol Tepary en Cuencamé, Dgo.

Parámetros genéticos	Rendto/ha	Rendto/planta individual	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	Altura planta	Días a 50 % floración	Días a madurez fisiológica
σ^2_e	68158.08	66.84	318.53	0.23	0.37	7.67	21.22	14.52
σ^2_g	4222.85	5.18	79.23	0.11	45.25	3.07	28.75	35.75
σ^2_f	26942.21	27.46	185.41	0.19	45.37	5.63	35.82	40.59
h^2 (%)	15.67	18.86	42.73	57.89	99.74	54.53	80.26	88.08

En Francisco I. Madero (Cuadro 4.8) las características peso de 100 semillas, semillas por vaina, vainas por planta y rendimiento por planta individual, manifestaron valores de 99.82, 93.62, 88.58 y 84.13 por ciento de heredabilidad - en sentido amplio respectivamente, mientras que los valores de las tres últimas características fueron altos en comparación con los obtenidos en el experimento de Cuencamé. Las - características altura de planta (46.54 por ciento) y rendimiento por hectárea (53.21 por ciento) presentaron valores intermedios, mientras que días a 50 por ciento de floración - (28.10 por ciento) y días a madurez fisiológica (22.34 por - ciento) tuvieron bajos valores en relación a los registrados en Cuencamé.

El análisis combinado (Cuadro 4.9) reportó valores - altos de heredabilidad en sentido amplio para el carácter peso de 100 semillas (99.04 por ciento) y valores bajos para altura de planta (4.68 por ciento) y rendimiento por hectárea (37.77 por ciento); mientras que las características restantes presentaron valores intermedios.

Los coeficientes de correlación entre los pares posibles de las diferentes características agronómicas en frijol Tepary son presentados en los Cuadros 4.10 al 4.12 para las localidades de Cuencamé, Francisco I. Madero y análisis combinado, respectivamente. Se puede observar que se tuvo una correlación positiva y significativa del rendimiento por hectárea con rendimiento por planta individual y peso de 100 semillas en ambas localidades y en forma combinada. El - -

Parámetros genéticos	Rendto/ha	Rendto/planta individual	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	Altura planta	Días a 50% floración	Días a madurez fisiológica
σ^2_e	20072.91	5.95	26.73	0.09	0.33	5.78	63.87	94.59
σ^2_g	7608.74	10.50	69.09	0.44	59.35	1.68	8.32	9.07
σ^2_f	14299.71	12.48	78.00	0.47	59.46	3.61	29.61	40.60
h^2 (%)	53.21	84.13	88.58	93.62	99.82	46.54	28.10	22.34

Parámetros genéticos	Rendto/ha	Rendto/planta individual	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	Altura planta	Días a 50% floración	Días a madurez fisiológica
σ^2_e	44115.49	36.39	172.63	0.16	0.35	6.73	42.54	54.56
σ^2_g	4801.58	11.73	70.59	0.19	51.41	0.11	21.8	30.48
σ^2_f	12711.27	15.86	101.15	0.26	51.91	2.35	27.26	35.54
h^2 (%)	37.77	73.96	69.79	73.08	99.04	4.68	79.97	85.76

Carácter	Rendimiento por planta individual	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	Altura de planta	Días a 50% floración.	Días a madurez fisiológica
Rendimiento por hectárea	0.804**	0.499*	0.145	0.438*	0.413	-0.451*	-0.219
Rendimiento por planta individual	-	0.789**	0.466*	0.157	0.355	-0.622**	-0.396
Vainas por planta	-	-	0.311	-0.339	-0.077	-0.743**	-0.609**
Semillas por vaina	-	-	-	-0.213	0.087	-0.218	-0.079
Peso de 100 semillas	-	-	-	-	0.670**	0.250	0.476*
Altura de planta	-	-	-	-	-	0.036	0.310
Días a 50% floración	-	-	-	-	-	-	0.843**

*, ** significativo al nivel de probabilidad de cinco y uno por ciento, respectivamente

Rendimiento por hectárea	0.508*	0.010	-0.105	0.593**	0.304	-0.184	0.150
Rendimiento por planta individual	-	0.577**	0.384	0.539**	0.303	-0.580**	0.409
Vainas por planta	-	-	0.491*	-0.340	0.211	-0.710**	-0.751**
Semillas por vaina	-	-	-	-0.185	0.279	-0.406	-0.411
Peso de 100 semillas	-	-	-	-	0.070	0.060	0.337
Altura de planta	-	-	-	-	-	-0.054	0.002
Días a 50% floración	-	-	-	-	-	-	0.773**

*, ** significativo al nivel de probabilidad de cinco y uno por ciento, respectivamente

Rendimiento por hectárea	0.757**	0.260	0.256	0.605**	0.498*	-0.354	-0.062
Rendimiento por planta individual	-	0.691**	0.552**	0.333	0.554**	-0.668**	-0.483*
Vainas por planta	-	-	0.481*	-0.387	0.090	-0.844**	-0.815**
Semillas por vaina	-	-	-	-0.163	0.287	-0.468*	-0.378
Peso de 100 semillas	-	-	-	-	0.553**	0.192	0.450*
Altura de planta	-	-	-	-	-	-0.131	0.075
Días a 50% floración	-	-	-	-	-	-	0.819**

*, ** Significativo al nivel de probabilidad de cinco y uno por ciento, respectivamente

rendimiento por hectárea también estuvo asociado positiva y significativamente con vainas por planta en Cuencamé y con altura de planta en forma combinada, presentando asociación negativa y significativa sólo en la localidad de Cuencamé para la característica días a 50 por ciento de floración.

El rendimiento por planta individual esta relacionado positiva y significativamente con vainas por planta en ambas localidades y en forma combinada; mientras que en Cuencamé y análisis combinado presentó correlación positiva y significativa con semillas por vaina y en Francisco I. Madero con peso de 100 semillas, y en forma combinada con altura de planta.

El rendimiento por planta individual presentó correlaciones negativas y significativas con días a 50 por ciento de floración en ambas localidades y análisis combinado encontrándose también asociación negativa y significativa con días a madurez fisiológica en este último.

El carácter vainas por planta estuvo correlacionado en forma positiva y significativa con semillas por vaina en Francisco I. Madero y análisis combinado, y en forma negativa y significativa con días a 50 por ciento de floración y días a madurez fisiológica en ambas localidades y análisis combinado.

Semillas por vaina se correlacionó negativa y significativamente con días a 50 por ciento de floración sólo en forma combinada.

Para el peso de 100 semillas se detectó una relación positiva y significativa con altura de planta y días a madurez fisiológica en Cuencamé y análisis combinado.

Los días a 50 por ciento de floración estuvieron fuertemente asociadas con días a madurez fisiológica en ambas localidades y análisis combinado. Se presentaron correlaciones interesantes entre diferentes variables medidas en este estudio.

El análisis de varianza del sistema radical y diferentes características agronómicas de frijol Tepary bajo condiciones de invernadero se presentan en el Cuadro 4.13. Se detectaron diferencias altamente significativas para la mayoría de las características estudiadas tales como: peso seco de raíz, peso fresco del vástago, peso seco del vástago, peso seco total del vástago y raíz, relación entre raíz y vástago, vainas por planta y semillas por vaina, mientras que para altura de planta no hubo diferencias significativas entre los genotipos incluidos en este estudio.

El coeficiente de variación presentó un rango de 10.17 a 20.70 por ciento entre todas las características evaluadas.

Los promedios del sistema radical y de las diferentes características agronómicas de frijol Tepary se muestran en el Cuadro 4.14.

La variedad Pinto Nacional Criollo produjo el máximo peso seco de raíz (1.68 g), siguiéndole Ojo de Cabra Sta. Rita (1.27 g) y las Colectas-46 (0.51 g), 44 (0.49 g), 39 (0.45g),

Cuadro 4.13. Cuadros medios del análisis de varianza de la raíz y diferentes características agronómicas de frijol Tepary en el invernadero

Fuentes de variación	g.l.	Peso seco de raíz	Peso fresco del vástago	Peso seco del vástago y raíz	Peso seco total del vástago y raíz	Relación entre raíz y vástago	Vainas por planta	Semillas por vaina	Altura de planta
Repeticiones	2	0.001	1.260	0.383	0.371	0.0005	0,254	0.051	20.182
Tratamientos	21	0.381**	23.629**	8.504**	11.095**	0.0119**	3.202**	0.707**	43.403 NS
Error	42	0.005	1.378	0.311	0.349	0.0004	0.333	0.246	26.134
Total	65	0.195	13.252	4.581	9.914	0.0064	1.946	0.602	48.797
C.V. (%)		16.92	16.18	13.25	12.76	20.70	10.17	11.89	14.57

** significativo al uno por ciento de probabilidad

NS no significativo

C.V. Coeficiente de variación

Cuadro 4.14. Promedios del sistema radical y diferentes características agronómicas de frijol Tepary en invernadero

Colecta/Variiedad	Peso seco de raíz (g)	Peso fresco del vástago (g)	Peso seco del vástago (g)	Peso seco total del vástago y raíz (g)	Relación entre raíz y vástago	Vainas por planta	Semillas por vaina	Altura de planta (cm)
Ojo de Cabra Sta. Rita	1.27	13.05	10.62	11.89	0.12	4.33	4.33	41.00
Pinto Nacional Criollo	1.68	12.32	4.60	6.28	0.37	5.33	4.67	38.67
Phaseolus acutifolius - 39	0.45	8.35	4.38	4.83	0.10	5.83	4.47	31.33
Phaseolus acutifolius - 44	0.49	14.07	6.77	7.26	0.07	6.50	3.93	31.67
Phaseolus acutifolius - 46	0.51	10.55	5.47	5.98	0.09	7.50	4.40	28.67
Phaseolus acutifolius - 49	0.38	5.93	3.33	3.71	0.11	5.67	3.93	37.33
Phaseolus acutifolius - 65	0.30	8.28	4.53	4.83	0.07	8.00	4.47	40.33
Phaseolus acutifolius - 74	0.25	6.35	3.80	4.05	0.06	6.17	4.53	34.33
Phaseolus acutifolius - 79	0.31	5.72	3.58	3.89	0.09	4.67	4.73	34.00
Phaseolus acutifolius - 84	0.32	6.77	3.68	4.00	0.08	5.83	3.60	32.33
Phaseolus acutifolius - 86	0.31	6.42	3.82	4.13	0.08	6.00	3.60	31.67
Phaseolus acutifolius - 99	0.33	4.18	3.75	4.08	0.09	5.83	3.87	38.67
Phaseolus acutifolius - 106	0.31	6.50	3.47	3.78	0.09	4.33	3.87	38.33
Phaseolus acutifolius - 112	0.26	4.98	3.02	3.28	0.09	4.33	4.33	34.33
Phaseolus acutifolius - 113	0.26	5.67	3.00	3.26	0.09	6.50	3.27	28.33
Phaseolus acutifolius - 121	0.25	4.55	3.08	3.33	0.08	7.17	3.53	31.67
Phaseolus acutifolius - 127	0.24	4.52	3.02	3.26	0.08	4.50	4.60	38.67
Phaseolus acutifolius - 129	0.26	4.90	3.25	3.51	0.08	5.50	4.40	36.00
Chapingo-24	0.25	5.98	4.25	4.50	0.06	4.83	4.47	37.67
Chapingo-25	0.25	7.50	4.12	4.37	0.06	5.00	5.00	38.33
P.I. 231638	0.26	6.68	3.82	4.07	0.07	5.00	3.33	31.00
P.I. 319551	0.28	6.38	3.27	3.55	0.09	6.00	4.47	37.67
Promedio	0.42	7.26	4.21	4.63	0.10	5.67	4.17	35.09
DMS (5 %)	0.12	1.93	0.92	0.97	0.03	0.95	0.82	—

y 49 (0.38 g) mientras que el resto de las variedades produjeron valores mas bajos.

Entre los genotipos de frijol Tepary el peso fresco y seco del vástago tuvo una variación de 4.18 a 14.07 g y de 3.0 a 6.77 g siendo sus promedios de 7.26 g y 4.21 g respectivamente. En los dos genotipos de frijol común hubo una diferencia muy alta entre las características peso fresco y seco del vástago con el resto de los genotipos.

Dentro de los genotipos de frijol Tepary la colecta - 44 presentó los valores mas altos de peso fresco de vástago - (14.07 g) y peso seco del vástago (6.77 g), siguiéndole la Colecta-46 (10.55 g y 5.47 g) y 39 (8.35 g y 4.38 g).

Para el peso seco total del vástago y raíz los genotipos mas sobresalientes fueron Ojo de Cabra Sta. Rita (11.89 g), Colecta-44 (7.26 g), Pinto Nacional Criollo (6.28 g) y Colecta-46 (5.98 g) el promedio de esta característica fue de 4.63g.

Para la característica relación entre raíz y vástago los genotipos de frijol común Pinto Nacional Criollo (0.37 g) y Ojo de Cabra Sta. Rita (0.12 g) presentaron los valores mas altos, siguiéndole las Colectas-49 (0.11 g) y 39 (0.10 g) en comparación con el resto de los genotipos.

El carácter vainas por planta presentó un rango de - 4.33 a 8.00 con un promedio de 5.67 vainas. La Colecta-65 (8.00) produjo el mayor número de vainas por planta, siguiéndole las Colectas-46 (7.50) y 121 (7.17). En segundo término las colectas mas sobresalientes fueron la 113 (6.50), 44 (6.50), 74 (6.17), 86 (6.00) y P.I. 319551 (6.00).

El número de semillas por vaina osciló entre 3.27 a 5.0 con un promedio de 4.17 vainas. El genotipo Chapingo-25 (5.00) manifestó el máximo número de semillas por vaina, siguiéndole la Colecta -79 (4.73), Pinto Nacional Criollo (4.67) y la colecta-127 (4.60) siendo superiores para esta característica al resto de los genotipos.

Los genotipos Ojo de Cabra Sta. Rita y las Colectas-65, 99, 127, Pinto Nacional Criollo, 106, Chapingo-25, Chapingo-24 y P.I. 319551 fueron superiores en altura que el resto de los genotipos cuyo rango fue de 37.67 a 41.00 cm con un promedio de 35.09 cm. Los genotipos correspondientes a las Colectas-113 y 46 fueron de baja altura siendo esta de 28.33 a 28.67 cm respectivamente.

La heredabilidad en sentido amplio (Cuadro 4.15) para las variables peso seco de raíz, peso fresco del vástago, peso seco del vástago, peso seco total del vástago y raíz, relación entre raíz y vástago, y vainas por planta presentó valores muy altos los cuales oscilaron de 89.60 a 98.43 por ciento; mientras que la característica semillas por vaina presentó un valor intermedio de 65.25 por ciento y altura de planta un valor bajo de 39.79 por ciento.

Se detectaron correlaciones positivas y significativas (Cuadro 4.16) para peso seco de raíz con las características siguientes: peso fresco del vástago ($r = 0.724$), peso seco del vástago ($r = 0.614$), peso seco total del vástago y raíz ($r = 0.723$) y relación entre raíz y vástago ($r = 0.859$);

Cuadro 4.15. Parámetros genéticos estimados para el sistema radical y diferentes características agronómicas de frijol Tepary en el invernadero

Parámetros genéticos	Peso seco de raíz	Peso fresco del vástago	Peso seco del vástago	Peso seco total del vástago y raíz	Relación entre raíz y vástago	Vainas por planta	Semillas por vaina	Altura de planta
σ^2_e	0.005	1.378	0.311	0.349	0.0004	0.333	0.246	26.134
σ^2_g	0.125	7.417	2.731	3.582	0.0038	0.956	0.154	5.756
σ^2_f	0.127	7.876	2.835	3.698	0.0039	1.067	0.236	14.467
h^2 (%)	98.43	94.17	96.33	96.86	97.44	89.60	65.25	39.79

Carácter	Peso fresco del vástago	Peso seco del vástago	Peso seco total del vástago y raíz	Relación entre raíz y vástago	Vainas por planta	Semillas por vaina	Altura de planta
Peso seco de raíz	0.724**	0.614**	0.723**	0.859**	- 0.146	0.226	0.295
Peso fresco del vástago	—	0.810**	0.844**	0.426*	0.136	0.188	0.030
Peso seco del vástago	—	—	0.989**	0.131	- 0.054	0.146	0.208
Peso seco total del vástago y raíz	—	—	—	0.274	- 0.074	0.170	0.237
Relación entre S. radical y vástago	—	—	—	—	- 0.117	0.194	0.225
Vainas por planta	—	—	—	—	—	- 0.221	- 0.382
Semillas por vainas	—	—	—	—	—	—	0.519*

*, ** significativo al cinco y uno por ciento de probabilidad, respectivamente

peso fresco del vástago esta fuertemente correlacionado en forma positiva y significativa con peso seco del vástago - - ($r = 0.810$), peso seco total del vástago y raíz ($r = 0.844$), - también muestra relación entre raíz y vástago ($r = 0.426$). Se observó también que peso seco del vástago esta fuertemente - asociado positiva y significativamente con el peso seco total del vástago y raíz (0.989) mientras que semilla por vaina mostró asociación con altura de planta ($r = 0.519$).

5. DISCUSION

Los resultados de los análisis de varianza simples de Cuencamé (Cuadro 4.1) indicaron diferencias significativas para las características agronómicas tales como: rendimiento - por hectárea, semillas por vaina, peso de 100 semillas, altura de planta, días a 50 por ciento de floración y madurez fisiológica; mientras que en Francisco I. Madero (Cuadro 4.2) las características en las cuales se detectaron diferencias significativas fueron: rendimiento por hectárea y por planta individual, vainas por planta, semillas por vaina, peso de - 100 semillas y altura de planta.

El análisis combinado (Cuadro 4.3) indicó diferencias significativas para todas las características estudiadas, revelando una amplia gama de variabilidad, por lo tanto, es posible realizar mejoramiento genético y así poder identificar variedades superiores. Cortinas (1985) indicó que los análisis de varianza simples para cada experimento y combinados de dos y cuatro experimentos bajo condiciones de riego como de - temporal de 20 genotipos de frijol revelaron diferencias altamente significativas para diferentes características agronómicas entre genotipos. Estas diferencias pueden indicar la presencia de una amplia variabilidad para las características estudiadas, lo cual permitirá la identificación de variedades de

alto rendimiento y mejores características agronómicas con simple selección entre los genotipos incluidos en esta investigación.

Los porcentajes de los coeficientes de variación tuvieron un rango de 3.77 a 14.15, 4.06 a 15.93 y de 3.91 a 14.97 en los experimentos establecidos en Cuencamé, Francisco I. Madero y el Análisis Combinado respectivamente, para las características semillas por vaina, peso de 100 semillas, altura de planta, días a 50 por ciento de floración y madurez fisiológica, los cuales se consideran bajos y aceptables; mientras que para rendimiento por hectárea y por planta individual y vainas por planta el porcentaje del coeficiente de variación osciló de 42.39 a 55.02, 23.30 a 34.46 y de 40.90 a 48.60 en Cuencamé, Francisco I. Madero y Análisis Combinado respectivamente los cuales se consideraron altos.

Probablemente las causas por las cuales se tuvieron altos coeficientes de variación fueron: el haber utilizado dos especies de frijol diferentes, sistema y/o tamaño de muestreo, diferente origen de los genotipos y la distribución de humedad en el lote experimental. CIAT (1981) señala que en sus viveros internacionales de adaptación y rendimiento considera como aceptables coeficientes de 35 por ciento o menos.

Para la interacción tratamientos por localidades se encontraron diferencias significativas para semillas por vaina, peso de 100 semillas y altura de planta; mientras que para el resto de las características no hubo significancia.

Cortinas (1985) realizó un análisis de varianza combinado para ocho características bajo condiciones de temporal, el cual reveló diferencias significativas para localidades y tratamientos, indicando que existe variabilidad tanto entre localidades como entre genotipos; también se detectó una interacción genotipo - ambiente significativa para la mayoría de las características.

El frijol Tepary se cultiva con el principal objetivo de obtener rendimiento de grano, en la localidad de Cuencamé (Cuadro 4.4) se obtuvo un 49.79 por ciento más de rendimiento en comparación con el obtenido en Francisco I. Madero (Cuadro 4.5), esto debido quizá a que las condiciones climáticas contribuyeron a que los genotipos expresaron mejor su potencial genético en Cuencamé.

Las variedades de frijol común empleadas como testigos manifestaron alto potencial de rendimiento en Cuencamé y Francisco I. Madero, siendo sus promedios de 816.8 y 648.15 kg/ha respectivamente. En la localidad de Cuencamé se registró un rendimiento promedio de 595.7 kg/h y en Francisco I. Madero de 387.4 kg/ha considerando en este caso sólo los genotipos de frijol Tepary, lo cual revela que el frijol Tepary muestra mejor adaptación en regiones de baja precipitación, temperaturas altas y menor altitud sobre el nivel del mar como lo es la localidad de Cuencamé. Thomas *et al.* (1983) mencionaron que el frijol Tepary es de gran interés por su valor intrínseco como un cultivo bajo explotación adaptado a climas áridos calientes y como un donador potencial de características

deseables al frijol común (*P. vulgaris* L.) a través de hibridación interespecífica. El frijol Tepary es mas resistente a la sequía y a altas temperaturas que el frijol común. Hendry (1919) concluyó que el frijol Tepary blanco es mas prolífico que las variedades de *Phaseolus vulgaris* L. en el interior de los distritos semiáridos de California; y menos prolífico que las variedades de frijol común en las costas subhúmedas de los distritos norte y centro de California en Estados Unidos.

Considerando el rendimiento por hectárea simultáneamente de ambas localidades, las Colectas-121, 106 y 79 obtuvieron los rendimientos mas altos (661.4, 613.2 y 571.3 kg/ha respectivamente) superando asi a los testigos de frijol Tepary P.I. 319551 (569.0 kg/ha), Chapingo-24 (568.0 kg/ha), P.I. 231638 (562.9 kg/ha) y Chapingo-25 (451.0 kg/ha). La semilla de las colectas mas rendidoras puede ser incrementada para realizar pruebas mas avanzadas en diferentes localidades bajo condiciones de temporal para la formación de variedades que bajo estas condiciones ofrezcan mayor seguridad de cosecha. Yassin (1973) mencionó que caracteres complejos de la planta como es el rendimiento, son cuantitativamente heredados e influenciados por efectos genéticos asi como por efectos debidos a la interacción del genotipo por el ambiente. El rendimiento por si mismo no puede ser el mejor criterio para selección, y por lo tanto, es importante estudiar componentes de rendimiento y estimar el grado de su asociación con el rendimiento. Kuruvadi y Cortinas (1986) señalaron que el rendimiento es un carácter muy complejo controlado por poligenes del núcleo y genes del citoplasma con una cadena de eventos

interrelacionados de diferentes funciones fisiológicas e interacción con el medio ambiente. También Kambal (1969) señaló que el rendimiento es un carácter complejo determinado -- por varios componentes. En una prueba para facilitar el mejoramiento para alto rendimiento resulta lógico examinar los diferentes componentes y dar mayor atención a aquellos que tienen mayor influencia sobre el rendimiento.

El carácter vainas por planta presentó valores altos para la mayoría de los genotipos de frijol Tepary en comparación con los de frijol común. En Cuencamé se obtuvo un incremento de 46.40 por ciento en relación a Francisco I. Madero. El carácter vainas por planta es una de las características decisivas en la determinación del rendimiento, los mejoradores de frijol prácticamente utilizan esta característica para identificar líneas altamente rendidoras a través de selección visual en el campo. Kambal (1969) reportó que en el cultivo del haba el número de vainas por planta es el componente mas importante del rendimiento de semilla.

En forma combinada (Cuadro 4.6) las Colectas-121 - (46.9), 106 (42.2), 79 (39.1) y 84 (37.1) produjeron el mayor número de vainas por planta superando así a los obtenidos por los genotipos de frijol Tepary empleados como testigos.

El carácter semillas por vaina presentó un ligero -- aumento en Cuencamé en comparación con la localidad de Francisco I. Madero. Yassin (1973) mencionó que la variabilidad en el número de semillas por vaina y mucha de la variación en

rendimiento por planta fue atribuible a efectos ambientales y a su interacción con las variedades.

Las colectas que produjeron mayor número de semillas por vaina en forma combinada fueron Chapingo-24 (5.7) y las colectas-127 (5.6), 49 (5.5) y 79 (5.4). El frijol Tepary - mostró tener mejor habilidad de producción de semillas por vaina en comparación con los testigos de frijol común.

Semillas por vaina es un componente de rendimiento - muy importante en un programa de selección visual en combinación con vainas por planta para obtener alta producción bajo condiciones de temporal; generalmente los fitomejoradores que trabajan con leguminosas están utilizando prácticamente estas dos características como apoyo indirecto para seleccionar genotipos superiores bajo condiciones de riego y temporal.

El peso de 100 semillas es otro componente que también contribuye en el rendimiento total de frijol. En Cuencamé este carácter superó en un 13.38 por ciento al promedio obtenido en Francisco I. Madero; la variación para esta característica fue muy ligera entre los genotipos de frijol Tepary, pero la magnitud de diferencia fue muy alta al hacer la comparación con los testigos de frijol común.

En forma combinada las Colectas-49 (14.4 g) y P.I. 231638 (14.1 g) presentaron mayor peso de 100 semillas, mientras que el frijol común presentó un promedio de 37.2 g. Esta marcada diferencia se debió principalmente a que la - -

semilla del frijol Tepary es pequeña, mientras que la del frijol común es de mediana a grande. Voysest (1983) señala que en el programa de frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) el tamaño de semilla se determina por el peso de 100 granos y los materiales se clasifican en tres grupos de la siguiente manera: Pequeños (hasta 25 g/100 semillas), medianos (entre 25 y 40 g/100 semillas) y grandes (desde 40 g/100 semillas). Cortinas (1985) mencionó que el peso de 100 semillas es un mejor carácter de selección bajo condiciones de temporal que vainas por planta o semillas por vaina, porque en condiciones de severa sequía las vainas contienen semillas mal llenadas, mal formadas o estériles. Por lo tanto, el peso de 100 semillas es un carácter muy potencial para seleccionar genotipos con alto rendimiento bajo estas condiciones.

En este estudio se determinó que la selección de los genotipos con valores altos de los componentes del rendimiento (vainas por planta, semillas por vaina y peso de 100 semillas) en forma individual o conjuntamente pueden incrementar el rendimiento.

Entre las colectas de frijol Tepary incluidos en este estudio no se encontraron valores altos para los tres componentes del rendimiento en un sólo genotipo, sino que estos valores fueron distribuidos en las diferentes colectas citadas anteriormente.

Dentro de la especie de frijol Tepary los genotipos mas sobresalientes en forma combinada para rendimiento por

hectárea fueron las Colectas-121, 106, 79 y P.I. 319551; para vainas por planta sobresalieron las Colectas-121, 106, 79 y 84; para semillas por vaina Chapingo-24 y las Colectas-127, 49 y 79; mientras que el mayor peso de 100 semillas correspondió a las Colectas-49, P.I. 231638, 99 y 106. Por lo tanto, estos genotipos pueden ser empleados como progenitores en un programa de hibridación para obtener recombinantes nuevos y superiores bajo condiciones de temporal.

Los promedios de altura de planta en Cuencamé, Francisco I. Madero y Análisis Combinado fueron de 19.6, 15.1 y 17.4 cm respectivamente.

El promedio de altura de planta de Cuencamé superó - en un 29.8 por ciento al promedio obtenido en Francisco I. - Madero, lo cual se debió principalmente a que la primera localidad presentó las mejores condiciones para el desarrollo de frijol Tepary. Rocha (1984) señaló que en el frijol común la altura de planta es una función del número de nudos y longitud de los entrenudos, pero estos dos caracteres son in dependientes en su respuesta a las condiciones ambientales.

En forma combinada los genotipos de frijol común exhibieron mayor altura que los genotipos de frijol Tepary, ya que los primeros mostraron mayor vigor.

La característica días a 50 por ciento de floración presentó un promedio de 46.8, 57.6 y 52.2 días en Cuencamé, Francisco I. Madero y Análisis Combinado respectivamente, en Cuencamé los genotipos evaluados mostraron ser mas precoces

que en Francisco I. Madero influyendo en este caso sin duda alguna las condiciones ambientales. Hendry (1919) concluyó que el período de prefloración, floración y el período de vida estan cada uno de ellos en función del clima. Estos períodos son mas largos en climas frescos que en climas calientes.

El promedio de días a madurez fisiológica en Cuenca-mé fue de 80.8 días, en Francisco I. Madero de 100.3 días y en forma combinada de 90.6 días. Kuruvadi (1980) señaló la importancia de las variedades precoces para condiciones de sequía, ya que estas poseen un mecanismo de escape para condiciones desfavorables. Los genotipos que presentan una buena combinación de precocidad con alto rendimiento son muy apropiadas para siembras en áreas de temporal debido a que poseen flexibilidad y mejor amortiguamiento ambiental. Poehlman (1981) indicó que la maduración precoz puede también ser útil para capacitar a la planta para que madure su semilla antes de las heladas.

Kuruvadi y Morales (1985) señalan que la utilidad de calcular los parámetros genéticos radica en particionar las varianzas atribuibles a diversas causas. Los valores relativos a dichos parámetros indican las propiedades del genotipo o la población. También mencionan que la varianza fenotípica esta constituida por la varianza genotípica, ambiental y de interacción; la varianza genotípica se constituye de los efectos genéticos aditivos de dominancia y de interacción. Brauer (1980) define la heredabilidad como el cociente entre la

variación hereditaria y la variación total y también como la influencia que tienen los genes aditivos múltiples en la determinación de los caracteres cuantitativos.

En forma combinada el carácter peso de 100 semillas presentó un valor extremadamente alto de heredabilidad en sentido amplio (Cuadro 4.9), mientras que las características días a madurez fisiológica, días a 50 por ciento de floración, rendimiento por planta individual, semillas por vaina y vainas por planta presentaron altos valores, los cuales presentan un rango de 69.79 a 85.76 por ciento, por lo cual estas características pudieran ser más efectivas en un programa de selección; estos valores indican aunque en sentido amplio que se puede obtener un avance considerable en el rendimiento cuando se seleccionan estas características cuantitativas en generaciones tempranas y tardías. Aggarwal y Singh (1973) realizaron un estudio de siete características en 38 variedades de frijol común y observaron un alto valor de heredabilidad en sentido amplio para las características vainas por planta y peso de 100 semillas. En tanto que altura de planta y rendimiento por hectárea presentaron valores bajos de heredabilidad en sentido amplio, lo que indica que dichas características fueron altamente influenciadas por el ambiente.

En las localidades de Cuencamé y Francisco I. Madero (Cuadros 4.10 y 4.11) las correlaciones para las diferentes características evaluadas fueron inconsistentes. Kuruvadi y Cortinas (1987) mencionaron que las correlaciones entre rendimiento por hectárea con vainas por planta, semillas por - -

vaina y días a 50 por ciento de floración fueron muy consistentes, mientras que con peso de 100 semillas y altura de planta a través de dos años en frijol común fueron inconsistentes.

La característica rendimiento por hectárea esta correlacionada positiva y significativamente con rendimiento por planta individual y peso de 100 semillas en ambas localidades y forma combinada (Cuadro 4.12); también se correlacionó positiva y significativamente con vainas por planta en Cuencamé y con altura de planta en forma combinada, indicando esto, que existe una relación estrecha entre dichas características y que el rendimiento se puede mejorar en el campo a través de la selección del carácter vainas por planta y peso de 100 semillas individual o conjuntamente.

El rendimiento por planta individual mostró una fuerte correlación con vainas por planta en ambas localidades y forma combinada, también estuvo correlacionado con semillas por vaina en Cuencamé, peso de 100 semillas en Francisco I. Madero y altura de planta en forma combinada.

Vainas por planta también presentó correlación positiva y significativa con semillas por vaina en Francisco I. Madero y forma combinada, y, negativa y significativamente con días a 50 por ciento de floración y días a madurez fisiológica en ambas localidades y forma combinada. Las características que presentaron correlaciones negativas no pueden ser mejoradas ambas al mismo tiempo.

El análisis de varianza simple del experimento bajo condiciones de invernadero (Cuadro 4.13) mostró diferencias significativas para todas las características evaluadas excepto para altura de planta, revelando una gran variabilidad entre los genotipos empleados en este estudio. Espinoza y Kuruvadi (1986), Hurd (1974) y Beltrán (1983) realizaron un estudio para evaluar el potencial del sistema radical empleando genotipos de zacate gigante, trigo y sorgo, respectivamente y encontraron diferencias positivas y significativas para las características peso de masa radical y relación entre masa radical con vástago. Jenison *et al.* (1981) encontraron diferencias significativas para peso seco de raíz.

El coeficiente de variación presentó un rango de 10.17 a 20.70 por ciento para todas las características en estudio, las cuales se consideran bajas y por lo tanto, aceptables. Espinoza y Kuruvadi (1986) encontraron que para la característica peso seco de masa de raíz en zacate gigante el coeficiente de variación fue de 19.94 por ciento. Los mismos autores mencionaron que el peso del sistema radical depende de varios factores como son: Textura y estructura del suelo, contenido de humedad en el suelo, cantidad de oxígeno y de diferentes sales presentes en el suelo, temperaturas, pH del suelo y otros factores en el campo; debido a esto, los mismos autores recomiendan evaluar el potencial del sistema radical bajo condiciones controladas en el invernadero para que los resultados obtenidos sean mas confiables.

El mayor peso seco de raíz (Cuadro 4.14) correspondió a las variedades de frijol común Pinto Nacional Criollo - - (1.68 g) y Ojo de Cabra Sta. Rita (1.27 g) siguiéndole las - colectas de frijol Tepary-46, 44, 39 y 49 las cuales a su vez superaron a los testigos de la misma especie como son: P.I. 319551, P.I. 231638, Chapingo-24 y Chapingo-25.

Las cuatro colectas sobresalientes en la producción - de peso seco de raíz podrían tener el mecanismo de evitación durante el período de sequía y también podrían ser usadas como progenitores para incorporar mejor sistema radical a los - genotipos mas sobresalientes para el carácter rendimiento. - Nour y Weibel (1978) mencionaron que las variedades resistentes a sequía presentaron los pesos mas altos del sistema radical en sorgo. Jenison *et al.* (1981) estudiaron el efecto de diferentes ambientes sobre peso seco de raíz y encontraron - que los valores medios de dos años para peso seco de raíz presentó un rango de 4.3 a 26.9 g para las líneas W182E y NG72312 respectivamente.

Para la característica relación entre raíz y vástago nuevamente los genotipos Pinto Nacional Criollo (0.37 g) y - Ojo de Cabra Sta. Rita (0.12 g) mostraron la mas alta relación en comparación con el resto de los genotipos evaluados; dentro de los materiales de frijol Tepary las Colectas-49 y 39 obtuvieron una relación mas alta que los testigos de la - misma especie. Turner (1979) señaló que la proporción de - raíz y vástago puede aumentar a medida que se incrementa el - estrés de humedad en el suelo. Esta relación se puede obtener

debido a la reducción del crecimiento de las partes aéreas de la planta en comparación con el crecimiento del sistema radical durante el período de estrés. Levitt (1972) encontró que las plantas que poseen una relación mas alta entre sistema radical y vástago pueden tener mecanismos de evitación a la sequía.

El peso fresco y seco del vástago es el producto del potencial biológico de la fotosíntesis del genotipo durante todo su ciclo vegetativo. La Colecta-44 obtuvo el mayor peso fresco del vástago siguiéndole Ojo de Cabra Sta. Rita, Pinto Nacional Criollo y la Colecta-46; estos mismos genotipos mostraron la misma tendencia para el peso seco del vástago, esto fue debido quizá a que tuvieron un desarrollo mas vigoroso en comparación con los genotipos restantes.

El mayor número de vainas por planta lo obtuvieron - las Colectas-65, 46, 121, 44 y 113 las cuales superaron a los testigos de frijol común y Tepary.

Para el carácter semillas por vaina los genotipos mas sobresalientes fueron Chapingo-25, Colecta-79, Pinto Nacional Criollo y las Colectas-127 y 74. Krarup y Davis (1970) mencionaron que el número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de 100 semillas han sido establecidas por ser importantes componentes del rendimiento en muchos cultivos de plantas leguminosas.

La altura de planta fue muy similar para todos los - genotipos en estudio, esto se debió tal vez a la influencia

de las condiciones controladas de temperatura bajo las cuales se desarrolló el experimento.

En el Análisis Combinado las Colectas-121, 106 y 79 - mostraron los mas altos rendimientos, mientras que las Colectas-46, 44, 39 y 49 fueron las mas sobresalientes para el carácter peso seco de raíz. El rendimiento es un carácter complejo y depende de sus componentes tales como: vainas por planta, semillas por vaina y peso de 100 semillas, siendo cada uno de ellos independiente; la masa del sistema radical es también un carácter complejo que depende de los componentes: longitud del sistema radical, número de raíces con crecimiento horizontal, diferentes ramificaciones del sistema radical, raicillas y punto de raíces, cada una de estas características son también independientes, por lo tanto, a veces los genotipos sobresalientes para alto rendimiento no pueden tener un buen sistema radical, por consiguiente, las colectas altamente rendidoras y las de mayor peso seco de raíz deberán ser empleadas en programas de mejoramiento genético para formar genotipos que reúnan ambas características y de esta manera - tener mayores posibilidades de incrementar los rendimientos - bajo condiciones de temporal. Hurd (1975) aumentó el rendimiento en trigo macarronero bajo condiciones de temporal en un 20 por ciento incorporando el mejor sistema radical de Pellissier sintetizando dos genotipos nuevos de Wascana y Wakoma.

Los valores de heredabilidad en sentido amplio (Cuadro 4.15) para las características de peso seco de raíz, -

relación entre raíz y vástago, peso seco total de vástago y raíz, peso seco y fresco de vástago y vainas por planta fueron extremadamente altos, esto posiblemente pueda ser atribuido a que en el presente trabajo se tuvo control del medio ambiente ya que los riegos fueron aplicados a los tratamientos en igual número y cantidad. Estos valores altos de heredabilidad son muy útiles para el fitomejorador de frijol, ya que le permite un rápido avance genético en los programas de selección. Kuruvadi y Morales(1985) reportaron valores altos de heredabilidad en sentido amplio con un rango de 91.88 a 98.40 por ciento para las características número de raíces, peso seco de raíz, área foliar, longitud total de raíz, altura del cotiledón y peso seco del vástago.

El peso seco de raíz (Cuadro 4.16) se correlacionó en forma positiva y significativa con peso fresco de vástago, peso seco del vástago, peso seco total de vástago y raíz y relación entre raíz y vástago. El peso fresco de vástago mostró asociación positiva y significativa con peso seco del vástago, peso seco total de vástago y raíz, y relación entre el sistema radical y vástago. El peso seco de vástago mostró asociación positiva y significativa con peso seco total de vástago y raíz; mientras que semillas por vaina también estuvo correlacionada positiva y significativamente con altura de planta. Estas correlaciones positivas y significativas indican una relación estrecha entre dichas características, ya que al realizar selección para una de estas características, al mismo tiempo se esta seleccionando para la otra característica correlacionada.

Espinoza (1984) observó correlaciones altamente significativas y positivas entre peso seco de raíz con área foliar y rendimiento de forraje y entre el área foliar con rendimiento de forraje. La alta correlación entre peso de raíz y rendimiento recalca la gran importancia de la necesidad de contar con genotipos con extenso sistema radical especialmente bajo condiciones de sequía donde la planta tiene que absorber el agua disponible a gran profundidad.

6. CONCLUSIONES

1. Existe una amplia gama de variabilidad genética para las diferentes características agronómicas estudiadas bajo condiciones de temporal y de invernadero en las localidades de estudio.
2. El promedio de rendimiento por hectárea de Cuencamé fue superior en un 49.79 por ciento al obtenido en Francisco I. Madero, en frijol Tepary.
3. En esta investigación se identificó a las Colectas-121, 106 y 79 de frijol Tepary como altamente rëndidoras bajo condiciones de temporal; por lo cual se recomienda incrementar la semilla de estas líneas para realizar pruebas o ensayos - mas avanzados en diferentes localidades para la formación de variedades superiores.
4. Las Colectas-121 y 106 produjeron mayor número de vainas por planta; Chapingo-24 y Colecta-127 para semillas por vaina; y la Colecta-49 y P.I. 231638 para peso de 100 semillas, estos genotipos pueden ser empleados como progenitores para incorporar dichas características en futuros - programas de mejoramiento genético.

5. No se encontraron valores altos de los tres componentes del rendimiento en ningún genotipo en estudio, por lo tanto, los genotipos que presentaron valores altos de rendimiento y sus componentes, se recomienda incluirlos en un programa de hibridación para obtener genotipos superiores.
6. En el estudio bajo condiciones de invernadero - las Colectas-46, 44, 39 y 49 presentaron valores altos para peso seco de raíz debido a que podrían presentar mecanismos de evitación a sequía.
7. Las características peso seco de raíz, relación entre raíz y vástago, peso seco total del vástago y raíz, peso de 100 semillas, días a 50 por ciento de floración, días a madurez fisiológica, rendimiento por planta individual y semillas por vaina presentaron valores altos de heredabilidad en sentido amplio, lo cual puede contribuir a realizar una selección mas efectiva.
8. El rendimiento por hectárea se correlacionó positiva y significativamente con rendimiento por planta individual, peso de 100 semillas y altura de planta; mientras que rendimiento por planta individual presentó correlaciones positivas y significativas con vainas por planta, semillas por vaina y altura de planta.

9. El peso seco de raíz mostró una asociación positiva y significativa con las características relación entre raíz y vástago, peso fresco del vástago, peso seco total del vástago y raíz, y peso seco del vástago.

7. RESUMEN

Se evaluaron 20 genotipos de frijol Tepary y dos de frijol común empleados como testigos en las localidades de Cuencamé y Francisco I. Madero, Dgo. y bajo condiciones de invernadero. Los tratamientos fueron distribuidos mediante un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, con los siguientes objetivos: Estudiar el papel de los componentes del rendimiento, el potencial del sistema radical y sus implicaciones en el mejoramiento genético del frijol Tepary bajo condiciones de temporal, calcular parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas simples entre diferentes variables.

Los análisis de varianza simples indicaron diferencias significativas para la mayoría de las características estudiadas en las dos primeras localidades y para todas las variables en el análisis combinado tales como: rendimiento por hectárea y por planta individual, vainas por planta, semillas por vaina, peso de 100 semillas, altura de planta y días a floración y madurez fisiológica, revelando una amplia gama de variabilidad para todas las características estudiadas.

El porcentaje del coeficiente de variación para la mayoría de las características tuvo un rango de 3.91 a 14.97, mientras que para rendimiento por hectárea y por planta - -

individual y vainas por planta fue alto en el análisis combinado.

En la localidad de Cuencamé y Francisco I. Madero los testigos de frijol común superaron en rendimiento a las colectas de frijol Tepary en un 37.12 y 67.31 por ciento respectivamente. Las colectas-121, 106 y 79 presentaron mayor potencial de rendimiento que los testigos (Chapingo-24 y Chapingo-25, P.I. 231638 y P.I. 319551) de la misma especie.

Para vainas por planta, generalmente los genotipos de frijol Tepary registraron valores mas altos en relación a los de frijol común; las colectas-121, 106, 79 y 84 produjeron mayor número de vainas por planta que los testigos de ambas especies.

El testigo Chapingo-25 manifestó el mayor número de semillas por vaina, siguiéndole las colectas-127, 49, 79 y - P.I. 319551.

Para el carácter peso de 100 semillas los testigos de frijol común superaron en un 186.15 por ciento a los genotipos de frijol Tepary y las colectas 49, P.I. 231638, 99 y 106 manifestaron mayor peso para esta característica.

Considerando simultáneamente el rendimiento y sus componentes las colectas-121, 106 y 79 fueron identificadas como mas sobresalientes. Las características vainas por planta, - semillas por vaina y peso de 100 semillas individual o conjuntamente pueden contribuir para obtener altos rendimientos.

La mayor altura de planta correspondió a los testigos de frijol común, siguiéndole las colectas-99, 84, 106 y 112 para días a floración las colectas-86, 121, 99 y 84 fueron - las mas precoces mientras que la 84, P.I. 231638, 113 y 86 lo fueron para días a madurez fisiológica.

En el experimento bajo condiciones de invernadero se encontraron diferencias significativas para todas las características relacionadas con el sistema radical y el coeficiente de variación osciló de 10.17 a 20.70 por ciento.

Los genotipos de frijol común Pinto Nacional Criollo y Ojo de Cabra Sta. Rita registraron los máximos valores de peso seco de raíz en comparación con los genotipos de frijol Tepary, observándose que dentro de estos las colectas-46, 44, 39 y 49 tuvieron altos valores, los cuales pueden emplearse como progenitores en un programa de hibridación para incorporar mejor sistema radical.

En el análisis combinado, peso de 100 semillas, días a madurez fisiológica, días a 50 por ciento de floración, rendimiento por planta individual y semillas por vaina, registraron altos valores de heredabilidad en sentido amplio, mientras que en el invernadero los valores mas altos se tuvieron con peso seco de raíz y relación entre raíz y vástago, por lo cual son muy efectivos en un programa de selección.

El rendimiento por hectárea presentó correlaciones - positivas y significativas con rendimiento por planta individual, peso de 100 semillas y altura de planta en el análisis

combinado. El carácter altura de planta puede usarse como - criterio de selección indirecta en la identificación de genotipos superiores de frijol.

El peso seco de raíz se correlacionó positiva y significativamente, con relación entre raíz y vástago, peso fresco del vástago, peso seco total del vástago y raíz y peso seco - del vástago.

8. LITERATURA CITADA

- Aggarwal, V.D. and T.P. Singh. 1973. Genetic Variability and interrelation in agronomic traits in kidney bean - - (*Phaseolus vulgaris* L.). Indian J. of Agr. 49(9): - 845-848.
- Aguilar, S.M. 1986. Efecto de la tensión hídrica edáfica en diferentes etapas del desarrollo sobre el crecimiento de *Phaseolus acutifolius* var. *Latifolius* F. y *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Maestría. UANL. 105 p.
- Al-Jibouri, H.A., P.A. Miller and H.F. Robinson. 1958. Genotypic and environmental variances and co-variances in an upland cotton cross of interspecific origin. - - Agron. J. 50:633-6.
- Beltrán, E.D. 1983. Estudio de heterosis en algunas características relacionadas con la resistencia a sequía en sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis M.C. Colegio de Graduados UAAAN. Saltillo, Coah. - México.
- Beltrán, M.E. 1973. Influencia de algunos componentes morfológicos en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría. C.P. ENA. Chapingo, México. 117 p.
- Brauer, H.O. 1980. Fitogenética aplicada. 4a. ed. Limusa. México. p. 246.
- Briggs, L.J. and H.L. Shantz. 1912. The relative wilting coefficients for different plants. Bot. Gaz. 53:229-235
- Cahoon, G.A. and F.S. Morton. 1961. An apparatus for the quantitative separation of plant roots from soil. - Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 78:593-596.
- Cancian, A.J. 1978. Estudo dos componentes prevencao e tolerancia a seca em *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Cv. "Serido" e *Phaseolus vulgaris* L. cv. "Rico-23". Teses Mag. Sc. Vicosa-Mg Brasil; Universidade Federal de Vicosa. 35 p.
- Carrigan, L. and K.J. Frey. 1980. Root volumes of oat spp. Crop Sci. 20:407-408.

- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1981. -
Vivero internacional de adaptación y enfermedades de
frijol. IBYAN. (Frijol Arbustivo). Cali, Colombia.
- Clarke, M.J. and T. Mc Caig. 1982. Evaluation of techniques
for screening for drought resistance in wheat. *Crop
Sci.* 22:503-506.
- Cortés, P.M. and T.R. Sinclair. 1986. Water relations of -
field-grown soybean under drought. *Crop Sci.* 26:993-
998.
- Cortinas, E.H. 1985. Determinación del grado de clorosis y -
su relación con características agronómicas en frijol
(*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis M.C. UAAAN. Saltillo,
Coah. 115 p.
- Díaz, M.F. 1974. Estudio preliminar sobre algunos componentes
morfológicos y fisiológicos del rendimiento en cuatro
variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis
M.C. C.P. ENA. Chapingo, México. 164 p.
- Duarte, A.R. and M.W. Adams. 1972. A path coefficient analy-
sis of some yield component interrelations in field
beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Sci.* 12:579-582.
- Dudley, J.W. and R.H. Moll. 1969. Interpretation and use of
estimates of heritability and genetic variances in -
plant breeding. *Crop Sci.* 9:257-262.
- Espinoza Z., R. 1984. Evaluación de colecciones de zacate gi-
gante (*Leptochloa dubia* H.B.K. Ness) nativo de México
bajo diferentes criterios para determinar resistencia
a sequía. Tesis M.C. UAAAN. Saltillo, Coah. 81 p.
- _____ y S. Kuruvadi. 1986. Potencial del sistema -
radical en colecciones de zacate gigante (*Leptochloa
dubia* H.B.K. Ness). *Agraria. Revista Científica.* -
UAAAN. 2(1):36-48. Saltillo, Coah.
- Fanous, M.A. 1967. Test for drought resistance in pearl mi-
llet (*Pennisetum typhoideum*) *Agron. J.* 59:337-340.
- Fischer, R.A. and N.C. Turner. 1978. Plant productivity in -
the arid and semiarid zones. *Annu. Rev. Plant Phy-
siol.* 29:277-317.
- Grafius, J.F. 1960. Does overdominance exist for yield in -
corn. *Agron. J.* 352-361.
- Hall, A.E. and D.A. Grantz. 1981. Drought resistance of cow
pea improved by selecting for early appearance of ma-
ture pods. *Crop Sci.* 21:461-464.

- Heinrich, D.H. 1948. Alfalfa breeding at Swift Current, Saskatchewan. Alfalfa improvement conference report. - II:29-32.
- Hendry, G.W. 1919. Climatic adaptations of the white tepary bean. J. Amer. Soc. Agron. 11:247-252.
- Hidalgo, R. 1977. Screening for drought tolerance in dry - - beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Mag. Sc. Thesis. New York, Cornell University. 117 p.
- Hoddinott, J., D.L. Ehret, and P.R. Gorham. 1979. Rapid influences of water stress on photosynthesis and translocation in *Phaseolus vulgaris* L. Can J. Bot. 57: - 768-776.
- Hurd, E.A. 1968. Growth of roots of seven varieties of spring wheat at high and low moisture levels. Agron. J. 60: 201-205.
- _____ 1974. Phenotype and drought tolerance in wheat. - In Modification for more efficient water use. Ed. by J.E. Stone Agric. Meteorol. 14:39-55.
- _____ 1975. Phenotype and drought tolerance in wheat. - Plant modification for more efficient water use. Ed. J.E. Stone Elsevier Scientific Publishing Company. - USA. 35-39.
- Ibrahim, A.A. 1954. A comparative study of six varieties of beans (*Vicia faba* L.) with respect to their branching, flowering and fruiting characteristics. Cairo University. M. Sc. Thesis.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 1977. Guía para la asistencia técnica agrícola. Area de influencia del Campo Agrícola Experimental Valle del - Guadiana. CIANOC-SARH-INIA.
- Ishag, H.M. 1973. Physiology of seed yield in field beans - (*Vicia faba* L.) I. Yield and yield components. J. - Agric. Sci., Camb. 80:181-9.
- Jenison, J.R., D.B. Shank and L.H. Penny. 1981. Root characteristics of 44 maize inbreds evaluated in four environments. Crop Sci. 21:233-237.
- Johnson, H.W., H.F. Robinson and R.E. Comstock. 1955. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. Agron. J. 47:477-83.
- Kambal, A.E. 1969. Components of yield in field beans *Vicia faba* L. J. Agric. Sci., Camb. 72:359-63.
- Keim, D.L. and W.E. Kronstad. 1979. Drought resistance and dry land adaptation in winter wheat. Crop Sci. 19: 574.

- Killen, T.C. and R.H. Andrew. 1969. Measurement of drought resistance in corn. *Agron. J.* 61:669-672.
- Knecht, G.N. and J.W. O'Leary. 1972. The effect of light intensity on stomate number and density of *Phaseolus vulgaris* L. Leaves. *Bot. Gaz.* 133(2):132-134.
- Kohashi, S.J. y M. Alfaro. 1980. Efecto de la temperatura - en la abscisión de vainas en el aborto de semillas de *Phaseolus vulgaris* L. Avances de la enseñanza y la - investigación. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Kramer, P.J. 1963. Water stress and plant growth. *Agron. J.* 55:31-35.
- Krarrup, A. and D.W. Davis. 1970. Inheritance of seed yield - and its components in a six parent diallel in peas. - *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 95:795-7.
- Kuruvadi, S. 1980. Genetic studies on dry land wheat. Post Doctoral Research. Investigation. Agr. Res. State. Swift Current, Canada. p. 1-92.
- _____. 1986. Utilidad de las correlaciones en el mejoramiento genético de los cultivos. COMUNA. Periódico Informativo. UAAAN. (129):10-11. Saltillo, Coah.
- _____ y E.H. Cortinas. 1986. Papel de componentes del rendimiento en el mejoramiento genético del frijol común. COMUNA. Periódico Informativo. UAAAN (123):9. Saltillo, Coah.
- _____. 1987. Papel de los componentes del rendimiento, correlaciones y sus implicaciones en el mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agraria. Revista Científica. Vol. III (en imprenta). UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- _____ y L.A. Morales. 1985. Atributos iniciales, parámetros genéticos y correlaciones en nivel de plántula en frijol Tepary (*Phaseolus acutifolius* A. Gray.). - Agraria. Revista Científica. UAAAN 1(2):160-172. - Buenavista, Saltillo, Coah.
- Levitt, J. 1972. Stress concepts. Responses of plants to - environmental stress. Academic Press. Inc. New York N.Y. USA.
- _____, C.Y. Sullivan and E. Krull. 1960. Some problems in drought resistance. *Bull. Res. Counc. of Israel.* 80:173-180.

- Lima, M.G. 1978. Estudio da resistencia a seca em cultivars de feijao (*Phaseolus vulgaris* L.). Teses Mag. Sc. - Piracicaba-sp. Brasil, Universidade de Sao Paulo. - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiros". 58 p. Brasil.
- Matzinger, D.F. and C.C. Cockerham. 1963. Simultaneous selfing and partial diallel test crossing. I. Estimation of genetic and environmental parameters. *Crop. Sci.* 3:309-314.
- Maximov, N.A. 1929. The plant in relation to water. First ed. Mc Millan Co. London England. p. 160-188.
- _____ 1946. Fisiología Vegetal. ACME. Buenos Aires Argentina. p. 85-113.
- Millar, A.A. and W.R. Gardner. 1972. Effect of the soil - - plant water potentials on the dry matter production of snap beans. *Agron. J.* 64 (5):559-562.
- Mosqueda A., J.E. 1984. Efecto de la densidad de planta sobre los componentes de rendimiento y sus correlaciones con rendimiento en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah., México. 67 p.
- Nabhan, G.P. and R.S. Felger. 1978. Teparies in southwestern North America. A biogeographical and ethnohistorical study of *Phaseolus acutifolius*. *Economic Bot.* 32:2-19.
- Nour, M.A.C. and D.E. Weibel. 1978. Evaluation of root characteristics in grain sorghum. *Agron. J.* 70:217- - 218.
- Parsons, L.R. 1979. Breeding for drought resistance and what plant characteristics impart resistance. *Hort Sci.* 14(5):590-593.
- _____ and T.K. Howe. 1984. Effects of water stress - on the water relations of *Phaseolus vulgaris* and the drought resistant *Phaseolus acutifolius*. *Physiol. - Plant.* 60:197-202.
- Picasso, M.G. 1973. Estudio de correlación e índices de eficiencia en frijol común. Tesis de Licenciatura. - UACH. México. 103 p.
- Poehlman, J.M. 1981. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. México. 396-408.
- Rasmusson, D.C. and R.Q. Cannell. 1970. Selection for grain yield and components of yield in barley. *Crop Sci.* 10(4):51-54.

- Robertson, B.M., A.E. Hall and K.W. Foster. 1985. A field technique for screening for genotypic differences in root growth. *Crop Sci.* 25:1034-1090.
- Rocha, R.G. 1984. Efecto de la interacción genotipo - ambiente sobre la asociación de caracteres en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis M.C. UAAAN. Saltillo, Coah. 99 p.
- Rowlands, D.G. 1955. The problem of yield in field beans. - *Agric. Prog.* 30:137-47.
- Sánchez V., I. 1981. Uso de parámetros de estabilidad como criterio de selección de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) para regiones de baja precipitación. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah. 67 p.
- _____ y G.J. Acosta. 1982. Evaluación de variedades de frijol Tepary (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) bajo temporal en Durango. IX Congreso Nacional de Fitogenética. Resumen.
- Schulteis, D.T. 1972. Aeration level and moisture stress in root microclimate and their interactive effect on - - snap bean physiology. Ph. D. Thesis. Fayetteville - University of Arkansas. 145 p.
- Serrano P., J.L. 1962. Algunas diferencias fisiológicas de especies y variedades de frijol tolerantes a sequía. *Agr. Tec. en Méx.* 2(4):161-164.
- Talbert, L.E., D.H. Timothy, J.C. Burns, J.O. Rawlings and R.H. Moll. 1983. Estimates of genetic parameters in switchgrass. *Crop Sci.* 32:725-728.
- Thomas, C.V., R. M. Manshardt and J.G. Waines. 1983. Teparies as a source of useful traits for improving Common beans. *Desert Plants.* 5(1):43-48.
- Turner, N.C. 1979. Drought resistance and adaptation to - - water deficits in crop plants. *Stress physiology in crop plants.* In Harry Mussell (Ed.). Published by John Wiley and Sons. Inc. New York. 344-372.
- Ullery, C.H. 1971. Plant water stress and growth. Ph. D. - Thesis. Fort Collins, Colorado State University. - 95 p.
- Voysest, O. 1933. Variedades de frijol en América Latina y su origen. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 5 p.
- Weihing, R.M. 1935. The comparative root development of regional types of corn. *J. Am. Soc. Agron* 17:526-537.

- Yassin, T.E. 1973. Genotypic and phenotypic variances and correlations in field beans (*Vicia faba* L.). *J. Agric. Sci., Camb.* 81:445-448.
- Zamora, C.F. 1984. Estudios de la variabilidad genética de sistema radical y sus correlaciones con caracteres morfoagronómicos en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 65 p.