

CLASIFICACION DEL GRADO DE RESISTENCIA A CLOROSIS, PARAMETROS GENETICOS Y CORRELACIONES EN FRIJOL COMUN*

Héctor M. Cortinas Escobar¹
Sathyanarayanaiah Kuruvadi²

RESUMEN

Se evaluaron 20 genotipos de frijol durante 2 años, bajo un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, con el objetivo de clasificar genotipos de acuerdo a su grado de resistencia a clorosis, calcular parámetros genéticos y correlaciones entre diferentes variables.

El análisis de varianza indicó diferencias significativas para todas las características estudiadas, y se identificaron 5 genotipos: Mulato, Pinto Norteño, Fe-30-RB, S-17-RB y Fe-22-RB, como altamente resistentes a clorosis. Por su alto rendimiento y sus componentes, sobresalen: S-17-RB, Adjuntas 21, Fe-30-RB, Ciateño y S-19-RB. Se recomienda hibridación entre variedades con alta resistencia a clorosis y altamente rendidoras, para obtener recombinaciones superiores.

El rendimiento se correlacionó significativa y positivamente con vainas por planta, semillas por vaina, altura y días a floración, y negativamente con clorosis. Se registraron altos valores de heredabilidad en sentido amplio para: rendimiento, vainas por planta, semillas por vaina, peso de 100 semillas, altura, días a floración y clorosis. Selección visual para estas características es muy efectiva para mejorar rendimiento en frijol.

* Parte del trabajo de tesis de 1, como requisito parcial para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, durante 1985.

1 Tesista, actualmente Investigador del Programa de Frijol del Campo Agrícola Experimental, Río Bravo, Tamaulipas.

2 Ph.D. Maestro Investigador del Depto de Fitomejoramiento, Div. de Agronomía, UAAAN.

INTRODUCCION

El frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) es una leguminosa muy importante por su alto contenido de proteína, y por la gran cantidad de grano consumido por el pueblo mexicano. México es el centro de origen del frijol, y cuenta con gran variabilidad para diferentes características. La superficie dedicada a su cultivo, en México, es aproximadamente 2 millones de hectáreas por año, de las cuales un 15% se desarrolla bajo condiciones de riego con un rendimiento medio de 1 300 kg/ha.

Los bajos rendimientos se atribuyen a la acción e interacción de diversos factores, como: plagas, enfermedades, sequía, y exceso o deficiencia de macro y micronutrientes. Específicamente, en la región agrícola del Norte de Tamaulipas, la deficiencia de fierro asimilable ha sido identificada como la causante principal de la clorosis que se presenta en las hojas de frijol. Este factor limita el desarrollo de la planta, y en casos severos causa la muerte de la misma. La clorosis normalmente se expresa en las plantas cultivadas en suelos calcáreos de escasa precipitación, y puede reducir considerablemente el rendimiento de las variedades susceptibles de frijol (Galván 1983).

La deficiencia de fierro en las plantas, es causada por diferentes factores cuya importancia puede variar entre localidades y años, lo cual produce una gran cantidad de interacciones entre dichos factores, incrementa el valor de la interacción del genotipo con el medio ambiente, y dificulta la correlación del problema (Brown, 1961).

Los métodos para controlar la deficiencia de fierro, incluyen la aplicación de micronutrientes, un adecuado manejo del cultivo, y el uso de variedades resistentes. El mejoramiento genético para desarrollar variedades resistentes, es el método más eficiente, económico y fácilmente adoptado por el agricultor, ya que elimina los altos costos de los micronutrientes y su aplicación.

La literatura publicada sobre los factores que provocan el desarrollo de la clorosis, y especialmente, estudios de la variabilidad para el grado de resistencia a clorosis bajo condiciones de riego es muy escasa, por lo cual, la presente investigación pretende obtener información sobre resistencia a clorosis, utilizando 20 genotipos de frijol con los siguientes objetivos:

Clasificar el grado de resistencia a clorosis en algunos genotipos de frijol.

- Identificar genotipos que combinen alto rendimiento y resistencia a clorosis, y
- Estudiar parámetros genéticos, correlaciones, y sus implicaciones en el mejoramiento genético del frijol.

REVISION DE LITERATURA

Tiffin (1983) indica que el fierro en la semilla, se ubica en la clase de micronutrientes que generalmente se encuentra en cantidades no adecuadas, excepto en las etapas tempranas de la plántula, a pesar de las cantidades relativamente elevadas que pueden encontrarse en semillas grandes.

Bowen (1981) reporta que el primer síntoma visible de deficiencia de fierro, es un moteado clorótico entre las nervaduras de las hojas nuevas en formación. A medida que la deficiencia se hace más severa, las áreas moteadas se tornan amarillas. En caso de deficiencia severa, toda la hoja, incluso las nervaduras, se tornan amarillas, y a veces hasta blancas. Si esa condición empeora, las partes cloróticas, o toda la hoja, se vuelven necróticas. Las plantas resultan delgadas y débiles, y no producen floración ni fructificación normales. El desarrollo de la planta queda muy retardado y puede morir.

Brown (1961) indica que los factores que causan la clorosis férrica son: bajo suministro de fierro, carbonatos de calcio en el suelo, bicarbonatos en el suelo o agua de riego, sobreirrigación o alto nivel de humedad, alto nivel de fosfatos, altos niveles de metales pesados como Magnesio, Cobre y Zinc, altas o bajas temperaturas, alta intensidad de luz, altos niveles de nitrógeno, desbalance de cationes, baja aereación del suelo, virus, y daño de raíces por nemátodos u otros organismos. En general, cualquier factor que intervenga en la absorción o utilización del fierro puede causar una deficiencia de este elemento.

Brown y Jones (1976) han reportado que el uso del fierro por las plantas es controlado genéticamente por un mecanismo adaptativo, el cual es activado en las plantas fierro-eficientes en respuesta a una deficiencia, pero permanece inactivo si el fierro es suficiente.

Galván (1983), al estudiar el comportamiento de 25 genotipos de frijol, estimó una pérdida de 611 kg/ha por cada unidad de aumento en el grado de clorosis férrica. El hecho de que las plantas difieran en su capacidad para utilizar el fierro, permite una solución adecuada y económica a largo plazo al problema de la clorosis.

Salinas (1982) señala que las correlaciones entre el rendimiento del frijol y algunas características, como: peso de 100 semillas, longitud de vainas, días a floración, área foliar, peso seco de planta y altura, son poco confiables, debido a su poca repetitividad en diferentes experimentos.

Sathyanarayanaiah y Morales (1985) mencionan que la utilidad de calcular los parámetros genéticos, radica en particionar las varianzas atribuibles a diversas causas. La varianza fenotípica es constituida por las varianzas genotípicas, ambiental y de interacción; la varianza genotípica, a su vez, se constituye de los efectos genéticos aditivos, de dominancia e interacción. Estudios de parámetros genéticos son muy útiles para interpretar los resultados, y planear un eficiente programa de mejoramiento genético de los cultivos.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación comprendió 2 experimentos, los cuales se establecieron en el Campo Agrícola Experimental de Río Bravo, Tamps., (CAERIB), durante los ciclos otoño-invierno de 1983 (experimento I), y primavera-verano de 1984 (experimento II).

Los 20 genotipos incluidos en este estudio (Cuadro 1) fueron proporcionados por los investigadores del programa de frijol y soya del CAERIB: 17 de ellos son originarios del Norte de Tamaulipas, uno del sur del mismo Estado, uno de Veracruz y uno del Estado de Querétaro. Se presentan 2 tipos de hábito de crecimiento en los materiales, 14 de ellos son de hábito indeterminado con crecimiento erecto, y 6 genotipos presentan hábito indeterminado con numerosas ramas postradas. El peso de 100 semillas varía de 15 a 32 g, y se observan diferentes colores de semillas que incluyen: el negro, bayo, rosado, bayo-negro, bayo-café y bayo-morado. Estos genotipos contienen una considerable variación, para componentes del rendimiento y características agronómicas.

Los suelos de Río Bravo, Tamps., presentan una textura arcillosa, medianamente pobres en materia orgánica, un pH muy ligeramente alcalino de 7.3, y una conductividad eléctrica de 2.22 mmhos/cm, correspondiente a un suelo ligeramente salino. La temperatura y precipitación media anual es de 23°C, y 700 mm, respectivamente.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con 4 repeticiones para cada experimento. La parcela experimental se formó de 4 surcos de

Cuadro 1. Características y origen de los genotipos de frijol incluidos en el estudio.

Genotipo	Hábito*	Color de grano	Peso de 100 semillas (g)	Origen
Mulato	III	Bayo-negro	22	Tamaulipas
Azabache	II	Negro	18	Tamaulipas
Delicias 71	III	Bayo-café	17	Tamaulipas
Pinto 114	III	Bayo-cefé	31	Tamaulipas
Negro Jamapa	II	Negro	17	Tamaulipas
Agrarista	II	Bayo	16	Tamaulipas
Ciateño	II	Bayo	16	Tamaulipas
S-18-RB	II	Negro	18	Tamaulipas
Negro-Huasteco	II	Negro	15	Veracruz
Adjuntas-21	II	Bayo	16	Sur Tamaulipas
Lef-25-RB	III	Bayo-café	32	Tamaulipas
Agramejo	II	Bayo	16	Tamaulipas
Pinto Norteño	II	Bayo-café	17	Tamaulipas
Fe-33-RB	II	Rosado	21	Tamaulipas
Fe-30-RB	II	Bayo-café	21	Tamaulipas
S-19-RB	II	Negro	21	Tamaulipas
S-17-RB	III	Bayo-negro	17	Tamaulipas
S-4-RB	II	Bayo	20	Tamaulipas
Fe-22-RB	II	Bayo-negro	22	Tamaulipas
Flor de Mayo	III	Bayo-morado	30	Querétaro

* II Hábito indeterminado con crecimiento erecto

III Hábito indeterminado con numerosas ramas postradas

5 metros de longitud; la distancia entre surcos y entre plantas fue de 80 cm, y 5 cm, respectivamente. La parcela útil fue formada por los mismos 4 surcos, a los cuales se les eliminó 50 cm en cada extremo, para un total de 12.8 m² de superficie.

La siembra del experimento I se realizó el día 11 de agosto de 1983, y el II el 16 de febrero de 1984. Se aplicó un riego de siembra en ambos casos, y un riego de auxilio a los 25 días después de la siembra.

El manejo del experimento, en cuanto a las prácticas culturales, se realizó de acuerdo a las recomendaciones para el cultivo del frijol en el Norte de Tamaulipas.

Se obtuvieron los siguientes datos, en base al promedio de 5 plantas etiquetadas al azar en cada parcela: número de vainas por planta, número de semillas por vaina, altura y rendimiento por planta. Además, los siguientes datos fueron tomados en base a la parcela útil: días a 50% de floración, rendimiento por hectárea, peso de 100 semillas y reacción a clorosis.

La reacción a clorosis fue determinada en cada parcela mediante la escala indicada por Ciazio *et al.* (1979): 1. Sin clorosis; 2. Clorosis leve; 3. Clorosis moderada; 4. Clorosis intensa; y 5. Clorosis severa con algo de necrosis. Esta escala corresponde a genotipos altamente resistentes, resistentes, moderadamente resistentes, susceptibles y altamente susceptibles, respectivamente.

Los promedios de cada característica se utilizaron para calcular análisis de varianza, parámetros genéticos y correlaciones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis de varianza para todas las características agronómicas, durante los ciclos Otoño-Invierno de 1983 y Primavera-Verano de 1984, se presentan en el Cuadro 2, en el cual se revelan diferencias significativas para todas las características estudiadas entre los genotipos incluidos. Lo anterior sugiere que el mejoramiento genético para desarrollar variedades resistentes a clorosis y con alto rendimiento, es promisorio en estos genotipos. El coeficiente de variación se presentó para la mayoría de las características, en un rango de 2.90% a 17.30% en 1983, y de 2.30% a 16.80% en 1984, lo que indica la alta confiabilidad de los resultados. En 1983, el coeficiente de variación registró valores de 24.80% para rendimiento por planta, y de 26.40% para rendimiento por hectárea, los cuales fueron ligeramente altos debido a la variabilidad de los genotipos, su origen y condiciones ambientales, y sus interacciones. Mosqueda (1984), al realizar el análisis de varianza para diferentes características agronómicas en 12 genotipos de frijol bajo riego, también encontró diferencias significativas entre genotipos probados.

Cuadro 2. Análisis de varianza para diferentes características agronómicas en frijol durante los ciclos otoño-invierno de 1983, y primavera-verano de 1984.

Fuentes de variación	Año	g.l.	F calculada						Días a 50% de floración	Clorosis
			Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento por planta (kg/ha)	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	Altura		
Repeticiones	1983	3	3.29	0.68	2.57	0.51	2.47	3.17	2.22	8.57
	1984	3	3.47	0.94	0.21	0.11	0.31	3.56	5.14	1.44
Tratamientos	1983	19	5.48**	3.15**	2.96**	4.50**	44.08**	5.31**	23.69**	9.73**
	1984	19	15.36**	5.67**	7.07**	10.11**	13.35**	5.92**	147.56**	37.84**
Error (cm)	1983	57	30286.70	4.25	5.03	0.33	1.54	8.50	2.60	0.05
	1984	57	10873.80	1.02	1.80	0.11	3.86	9.11	1.70	0.02
Total (cm)	1983	79	90875.80	8.87	10.68	0.82	24.37	24.96	23.47	0.23
	1984	79	68540.30	2.99	6.06	0.48	21.10	28.77	85.88	0.25
C.V. (o/o)	1983		26.40	24.80	17.30	14.30	6.20	9.70	2.90	14.18
	1984		11.60	16.80	14.90	8.30	9.60	12.60	2.30	11.80

** Significativa al nivel de 1%

CM Cuadrado medio

Los promedios de las diferentes características agronómicas en frijol, durante 1983 y 1984, se presentan en el Cuadro 3. El rendimiento por hectárea varió de 214 a 948 kg/ha, con un promedio de 657 kg/ha en 1983, mientras que en 1984, dicha variación fue de 383 a 1 141 kg/ha, con un promedio de 902 kg/ha. Considerando en forma simultánea los resultados de los 2 años, los genotipos: S-17-RB, Adjuntas-21, Fe-30-RB, Ciateño y S-19-RB, presentaron los máximos rendimientos por hectárea y por planta. En 1984, el promedio de rendimiento fue superior en 37.30%, al obtenido en 1983.

De acuerdo con Safari (1978), los componentes del rendimiento de primer orden en frijol son: número de vainas por planta, semillas por vainas y peso de semilla. Las vainas por planta oscilan entre 10 y 17, con un promedio de 13, en 1983, mientras que en 1984, la variación fue de 4 a 11, con un promedio de 9, presentando una reducción de 44.40% en 1984, en relación a 1983. Los 4 genotipos: Pinto Norteño, Mulato, Fe-30-RB y Fe-33-RB, produjeron altos valores para vainas por planta, a través de 2 años de estudio.

El carácter número de semillas por vaina, varió de 2 a 5, con un promedio de 4 en 1983, y de 2 a 4 semillas por vaina, con un promedio de 4 en 1984. Al considerar los resultados de ambos experimentos en forma simultánea, las líneas S-17-RB presentó el mayor número de semillas por vainas (5), seguidos de 17 genotipos con igual valor (4). El promedio de esta característica no presentó cambio en los 2 años, por lo cual se considera que no fue afectada por el cambio de ambiente.

El peso de 100 semillas, en 1983, varió entre 15.1 g (Negro Huasteco) y 30.7 g (Lef-25-RB), con una media de 20.0 g; en 1984, dicha variación fue de 16.4 g (Negro Huasteco) a 31.8 g (Lef-25-RB), con un promedio de 20.5 g. Considerando en forma conjunta ambos experimentos, los genotipos: Lef-25-RB, Pinto-114, S-4-RB, Mulato y Flor de Mayo, mostraron el mayor peso de semilla. Este carácter es muy importante en el Norte de México, donde la preferencia del consumidor se inclina hacia variedades de frijol que presenten granos de mayor tamaño, por lo cual los genotipos con mayor peso de semilla, deberán utilizarse en un programa de mejoramiento genético para combinar alto rendimiento y alto peso de 100 semillas. El carácter peso de semilla no fue afectado por el ambiente, ya que el cambio en los promedios fue muy leve.

Considerando los resultados de los 2 experimentos simultáneamente, los genotipos que mostraron la mayor altura fueron: Negro Huasteco (34

Cuadro 3. Promedio de diferentes características agronómicas en frijol durante los ciclos otoño-invierno de 1983 y primavera-verano de 1984.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)		Rendimiento por planta (g)		Vainas por planta		Semillas por vaina		Peso de 100 semillas (g)		Altura (cm)		Días a 50% de floración		Clorosis*	
	83	84	83	84	83	84	83	84	83	84	83	84	83	84	83	84
Mulato	635	1031	10.1	7.4	16	10	4	4	20.5	22.0	33	26	54	57	AR	AR
Azabache	521	1055	8.3	6.9	13	10	4	4	19.1	19.6	29	25	56	60	MR	R
Delicias-71	865	676	8.1	5.4	13	10	4	4	18.9	18.2	23	21	58	59	R	AR
Pinto-114	214	383	5.8	3.3	10	4	2	2	30.5	26.8	26	17	42	37	AS	S
Negro Jamapa	506	907	7.7	6.9	13	10	4	4	18.4	19.1	28	28	56	63	MR	AR
Agrarista	634	938	8.0	6.2	12	9	4	4	16.5	18.0	30	23	57	63	R	AR
Ciateño	938	926	7.1	5.5	10	9	4	4	16.2	17.9	30	24	58	63	R	AR
S-18-RB	798	848	8.4	6.4	12	10	4	4	18.9	20.4	29	23	55	57	MR	AR
Negro Huasteco	493	856	5.4	5.0	12	9	3	4	15.1	16.4	31	36	59	63	MR	MR
Adjuntas-21	901	1121	8.4	6.8	13	10	4	4	17.9	18.4	32	24	57	62	R	AR
Lef-25-RB	750	821	9.4	5.1	13	7	4	3	30.7	31.8	28	21	54	36	R	R
Agramejo	599	879	8.6	6.2	13	10	4	4	17.6	21.5	32	24	57	63	R	AR
Pinto Norteño	495	840	11.1	5.6	17	10	4	4	17.1	17.9	30	22	54	55	AR	AR
Fe-33-RB	502	1055	9.9	6.9	15	11	4	4	19.5	20.0	32	25	56	56	R	AR
Fe-30-RB	948	1056	9.7	7.6	16	11	4	4	20.5	20.8	36	27	56	58	AR	AR
S-19-RB	792	1039	7.2	7.0	13	10	4	4	17.3	21.5	32	26	56	57	MR	AR
S-17-RB	886	1141	11.2	5.4	16	9	5	4	20.0	17.0	30	26	54	61	AR	AR
S-4-RB	766	957	9.7	7.3	13	10	4	4	19.7	23.4	35	28	54	57	A	AR
Fe-22-RB	521	957	7.9	5.7	13	9	4	4	21.3	20.3	29	24	47	51	AR	AR
Flor de Mayo	386	458	4.0	3.5	11	6	3	3	23.8	18.4	23	23	54	47	S	S
Promedio	657	902.	8.3	6.0	13	9	4	4	20.0	20.5	30	24	55	56		
DMS (50%)	302	181	3.6	1.8	4	2	1	1	2.2	3.4	5	5	3	2		

* AR Altamente resistente
R Resistente
MR Moderadamente resistente
S Susceptible
AS Altamente susceptible

cm), Fe-30-RB (32 cm), S-4-RB (32 cm) y Mulato (30 cm). Rocha (1984) señala que la altura de planta es una función del número y longitud de entrenudo; en cada nudo se desarrolla una hoja y un racimo, por lo cual, teóricamente, el rendimiento depende del número de nudos por planta.

De acuerdo a la fecha de floración, los genotipos más precoces en los 2 experimentos fueron: Pinto-114 (40 días), Lef-25-RB (45 días), Fe-22-RB (49 días) y Flor de Mayo (51 días), mientras que los que presentan mayor número de días a floración son: Ciateño y Negro Huasteco (ambos con 61 días), seguidos de: Negro Jamapa, Agrarista, Adjuntas-21 y Agramejo (60 días). De acuerdo con Miranda (1966), las variedades precoces pueden ser utilizadas para evitar el riesgo de heladas, sequía, plagas, enfermedades, y para cubrir el mercado cuando hay escasez de frijol. Por otro lado, las variedades intermedias se prefieren para áreas de riego altamente tecnificadas, y las tardías se utilizan, principalmente, en asociación con otros cultivos para autoconsumo, en regiones poco tecnificadas. La diferencia entre el promedio de 1983 y 1984 fue muy leve, por lo que se considera que el carácter días a floración es muy estable a través de 2 años.

En el Cuadro 4 se muestra la clasificación de los genotipos, de acuerdo a su reacción a clorosis durante 1983 y 1984. Los síntomas de clorosis fueron observados al inicio de la floración, aproximadamente a los 50 días después de la siembra, y se manifestaron en forma de un amarillamiento progresivo de las hojas más jóvenes, disminuyendo la altura, el rendimiento y sus componentes, lo que provocó un retraso en el desarrollo general de las plantas, así como la muerte de los genotipos más susceptibles. La clorosis se manifestó con una gran variación en los recursos genéticos incluidos en el presente estudio.

De acuerdo al grado de clorosis, los genotipos: Mulato, Pinto Norteño, Fe-30-RB, S-17-RB y Fe-22-RB, se clasificaron como altamente resistentes, mientras que: Delicias-7a, Agrarista, Ciateño, Adjuntas-21, Lef-25-RB, Agramejo, Fe-33-RB y S-4-RB, se clasificaron como resistentes.

En 1983 se observa un ligero incremento en la susceptibilidad a clorosis de los genotipos, con respecto a 1984, lo cual se atribuye a los excesos de humedad provocados por lluvias intensas, en combinación con el drenaje deficiente de los suelos de Río Bravo. La expresión de los síntomas de clorosis puede variar entre años, por lo que los materiales deben estudiarse por lo menos 2 o 3 años, para identificar una verdadera resistencia a clorosis.

Cuadro 4. Clasificación del grado de resistencia y susceptibilidad a clorosis en 20 genotipos de frijol, durante los ciclos de otoño-invierno de 1983, y primavera-verano de 1984.

Genotipo	1983	1984	Combinado
Mulato	AR	AR	AR/AR
Azabache	MR	R	MR/R
Delicias-71	R	AR	R/AR
Pinto-114	AS	S	AS/S
Negro Jamapa	MR	AR	MR/AR
Agrarista	R	AR	R/AR
Ciateño	R	AR	R/AR
S-18-RB	MR	AR	MR/AR
Negro Huasteco	MR	MR	MR/MR
Adjuntas-21	R	AR	R/AR
Lef-25-RB	R	R	R/R
Agramejo	R	AR	R/AR
Pinto Norteño	AR	AR	AR/AR
Fe-33-RB	R	AR	R/AR
Fe-30-RB	AR	AR	AR/AR
S-19-RB	MR	AR	MR/AR
S-17-RB	AR	AR	AR/AR
S- 4-RB	R	AR	R/AR
Fe-22-RB	AR	AR	AR/AR
Flor de Mayo	S	S	S/S

AR Altamente resistente
R Resistente
MR Moderadamente resistente
S Susceptible
AS Altamente susceptible

Los genotipos: Mulato, Pinto Norteño, Fe-30-RB, S-17-RB y Fe-22-RB, fueron altamente resistentes, y mostraron estabilidad a través de 2 años, lo que indica que su respuesta a la deficiencia de hierro no fue afectada por el ambiente.

Los genotipos altamente resistentes y resistentes a clorosis, también presentaron alto rendimiento, por lo que pueden ser utilizados como fuente de nuevos genes, progenitores donantes en un programa de resistencia a clorosis, para sembrarse en áreas que muestren el problema de clorosis, y como población básica en un programa de selección recurrente, con el objetivo de incrementar la frecuencia de genes resistentes en cada generación, producir nuevas recombinaciones, y mantener la variabilidad genética de la población. Prohaska y Fher (1981) mencionan que la selección recurrente puede ser utilizada con éxito en poblaciones de soya, para mejorar la resistencia a clorosis férrica en suelos calcáreos.

En el Cuadro 5 se presentan los parámetros genéticos estimados para diversas características agronómicas, en 1983 y 1984. La heredabilidad en sentido amplio, presentó valores altos de promedio de 2 años, para las características: días a floración (97.60/o), peso de 100 semillas (95.10/o), clorosis (94.30/o), rendimiento por hectárea (84.80/o), semillas por vaina (82.50/o), altura de planta (82.10/o), vainas por planta (760/o) y rendimiento por planta (75.50/o). Por lo tanto, la selección para estos rasgos es muy efectiva para mejorar rendimientos en el programa de mejoramiento genético de frijol. Estos valores de heredabilidad se consideran altos, y pueden explicarse señalando que los genotipos en estudio representan a una población mejorada para altos rendimientos a través de varias generaciones de selección. Rocha (1984), en un estudio sobre parámetros genéticos en frijol, encontró una heredabilidad en sentido amplio, superior al 800/o para rendimiento de grano. Falconer (1970) indica que la función de la heredabilidad es predecir la confiabilidad de valor fenotípico, a través de las generaciones, mientras que Liang *et al.* (1972) menciona que dicho parámetro puede ayudar a realizar una selección más efectiva, así como también a predecir el avance genético por generación.

Kambal (1969) indicó que el rendimiento es un carácter complejo, heredado cuantitativamente y determinado por diversos componentes. El rendimiento, por sí mismo, no es el mejor criterio de selección, por lo que es importante examinar sus componentes y el grado de asociación de éstos con el rendimiento.

Cuadro 5. Varianzas genéticas (Vg), fenotípicas (Vf) y heredabilidad (%) en sentido amplio de 8 características agronómicas de frijol durante los ciclos otoño-invierno de 1983 y primavera-verano de 1984.

Características	1983			1984		
	Vg	Vf	h ²	Vg	Vf	h ²
Rendimiento (kg/ha)	33935.09	41506.76	81.75	39040.90	44477.82	87.77
Rendimiento por planta	2.29	3.35	68.35	1.19	1.44	82.63
Vainas por planta	2.47	3.73	66.21	2.73	3.18	85.84
Semillas por vaina	0.28	0.37	75.67	0.25	0.28	89.28
Peso de 100 semillas	16.59	16.97	97.76	11.92	12.89	92.47
Altura	9.15	11.28	81.11	11.20	13.47	83.14
Días a 50% de floración	14.77	15.42	95.78	62.36	62.78	99.33
Clorosis	0.11	0.12	91.66	0.17	0.17	97.00

Espinoza (1984) mostró evidencia de que el rendimiento de frijol se correlaciona en forma positiva con el número de vainas por planta, semillas por vaina y peso de semilla.

En los 2 años se observó una correlación positiva y significativa del número de vainas por planta con rendimiento por hectárea, rendimiento por planta, semillas por vaina y altura. En los programas de selección para

alto rendimiento, los fitomejoradores de frijol están enfatizando mayor importancia al carácter número de vainas por planta, ya que puede utilizarse como índice de selección.

Se detectó una correlación positiva y significativa entre el número de semillas por vaina con rendimiento por hectárea, por planta, vainas por planta, altura y días a 50% de floración. Una correlación negativa y significativa se detectó entre el peso de 100 semillas con el número de semillas por vaina y días a 50% de floración, lo cual indica que los genotipos con semilla más pesada muestran un menor número de semillas por vaina, y tienden a ser precoces. Se detectaron importantes correlaciones significativas y positivas del carácter días a 50% de floración con rendimiento, semillas por vaina y altura de planta.

Existe asociación negativa y significativa entre clorosis con diversos rasgos, tales como: rendimiento, vainas por planta, semillas por vaina, altura y días a floración, lo que indica que la mayoría de las características estudiadas mostraron efectos negativos, reducción de los valores de rendimiento y sus componentes en frijol. Galván (1983) también indicó asociación negativa entre clorosis con componentes del rendimiento.

CONCLUSIONES

1. Existe variabilidad sustancial para rendimiento, componentes del rendimiento y características agronómicas en los genotipos estudiados.
2. Los genotipos: S-17-RB, Adjuntas-21, Fe-30-RB, Ciateño y S-19-RB, son sobresalientes para el rendimiento y sus componentes, de acuerdo a los resultados de 2 años.
3. Los genotipos Pinto Norteño y Fe-30-RB tienen alto número de vainas por planta; S-17-RB presentó el mayor número de semillas por vaina, y el mayor peso de 100 semillas se manifestó en Lef-25-RB y Pinto-114.
4. Los recursos genéticos: Mulato, Pinto Norteño, Fe-30-RB y Fe-22-RB, fueron identificados como altamente resistentes a clorosis, por lo que pueden utilizarse como progenitores en un programa de hibridación.

Cuadro 6. Correlaciones fenotípicas simples entre diferentes características agronómicas de frijol, durante los ciclos otoño-invierno de 1983, y primavera-verano de 1984.

Característica	Año	Rendimiento por planta	Vainas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	Altura	Días a 50% de floración	Clorosis
Rendimiento (kg/ha)	1983	0.420	0.215	0.683	-0.322	0.376	0.530	-0.584**
	1984	0.831**	0.791**	0.770**	-0.252	0.477**	0.597**	-0.808**
Rendimiento por planta	1983	-	0.824**	0.739**	-0.112	0.521*	0.116	-0.749**
	1984	-	0.871**	0.743**	-0.112	0.390	0.571*	-0.762**
Vainas por planta	1983	-	-	0.583**	-0.182	0.467*	0.155	-0.699**
	1984	-	-	0.933**	-0.438	0.467*	0.756**	-0.797**
Semillas por vaina	1983	-	-	-	-0.434	0.368	0.486*	-0.776**
	1984	-	-	-	-0.613**	0.555*	0.859**	-0.762**
Peso de 100 semillas	1983	-	-	-	-	-0.365	-0.701**	0.426
	1984	-	-	-	-	-0.417	-0.780**	0.195
Altura	1983	-	-	-	-	-	0.236	-0.557*
	1984	-	-	-	-	-	0.573**	-0.187
Días a 50% de floración	1983	-	-	-	-	-	-	-0.229
	1984	-	-	-	-	-	-	-0.505*

** Significativa al nivel de 1%

* Significativa al nivel de 5%

5. Las características de rendimiento, vainas por planta, semillas por vaina, peso de 100 semillas y clorosis, presentaron altos valores de heredabilidad en sentido amplio, por lo cual la selección es más efectiva en estos caracteres para mejorar el rendimiento en frijol.
6. El rendimiento exhibió correlaciones positivas y significativas para: rendimiento por planta, vainas por planta, semillas por vaina, altura y días a 50% de floración, por lo que estas características pueden utilizarse como índice de selección indirecta para identificar genotipos superiores.

BIBLIOGRAFIA

- Bowen, J.E. 1981. Hierro, elemento vital para plantas y animales. Agr. de las Américas. 30(2):14-28.
- Brown, J.C. 1961. Iron chlorosis in plants. Adv. in Agron. 13:329-369.
- and W.E. Jones. 1976. A technique to determine iron efficiency in plants. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40:398-404.
- Cianzio, S.R., W.R. Fehr and I.C. Anderson. 1979. Genotypic evaluation for iron deficiency chlorosis in soybeans by visual scores and chlorophyll concentration. Crop Sci. 19:644-646.
- Espinoza, G.S. 1984. Evaluación de la variabilidad genética y correlaciones con respecto de área foliar en diferentes etapas de crecimiento y condiciones de siembra con componentes de rendimiento en frijol común. Tesis profesional. Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 80 p.
- Falconer, D.S. 1970. Introducción a la genética cuantitativa. México. CECSA
- Galván C., F. 1983. Estudio de la eficiencia de diferentes medios de cultivos para estimar la capacidad de respuesta a la tensión férrica del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.). Tesis D.C. Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Kambal, A.A. 1969. Components of yield in field beans (*Vicia faba* L.). J. Agr. Sci. 72:359-363.

- Liang, G.H., C.R. Reddy and A.D. Dayton. 1972. Heterosis in breeding depression and heritability estimates in a systematic series of grain sorghum genotypes. *Crop Sci.* 12:409-411.
- Miranda, C.S. 1966. Mejoramiento del frijol en México. México. Folleto misceláneo No. 13.
- 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 profesional. Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 67 p.
- Prohaska, K.R. and W.R. Fehr. 1981. Recurrent selection for resistance to iron chlorosis in soybeans. *Crop Sci.* 21:524-516.
- Rocha, R.G. 1984. Efecto de la interacción genotipo-ambiente sobre la asociación de caracteres en frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.). Tesis M.C. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Salinas G., G.E. 1982. Comportamiento de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y en asociación con maíz (*Zea mays* L.). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, México.
- Safari A. 1978. A yield component selection experiment involving American and Iranian cultivars of the common bean. *Crop Sci.* 18:5-7.
- Sathyanarayanaiah K. y Morales L.A. 1985. Atributos iniciales, parámetros genéticos y correlaciones en nivel de plántula de frijol tepari (*Phaseolus acutifolius* G.). México. *Agraria* 1(2):160-172.
- Tiffin, L.O. 1983. Translocación de micronutrientes en plantas. En: Mortvedt, J.J., P.M. Giordano y W.L. Lindsay (Comp.). *Micronutrientes en Agricultura*. México. A.G.T. Editor, S.A. pp. 217-252.