

RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN FRIJOL BAJO CONDICIONES DE SEQUÍA*

Efraín ACOSTA-DIAZ¹Josué KOHASHI-SHIBATA²Jorge A. ACOSTA-GALLEGOS¹

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el efecto de la sequía sobre la fenología y el rendimiento de grano y sus componentes, en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En 1994, en Chapingo y Tecámac, Estado de México, se estableció un experimento de campo bajo dos condiciones de humedad: riego todo el ciclo y sequía en la fase reproductiva. Se utilizaron las variedades Bayo Madero, Bayo Victoria, Flor de Mayo, Bajío y Pinto Villa. En el tratamiento de riego la humedad del suelo se mantuvo igual o mayor al 75% de capacidad de campo durante todo el ciclo del cultivo; en el de sequía, el riego se suspendió durante 30 días a partir del inicio de la floración, y posteriormente se reanudó sin interrupción hasta la madurez fisiológica. En ambas localidades la sequía acortó significativamente ($P < 0.05$) la fase reproductiva del cultivo en comparación con el testigo de riego. Las variedades con mayor rendimiento en sequía fueron Pinto Villa y Flor de Mayo Bajío, debido principalmente a un mayor número de vainas y semillas normales por planta. Con base en el rendimiento de grano, las variedades exhibieron una respuesta diferencial a la sequía, la cual se debió a la diferente capacidad de distribución de materia seca hacia los frutos en crecimiento bajo sequía.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, sequía, componentes del rendimiento.

SUMMARY

The objective of the present study was to determine the drought resistance and the effect of drought on the phenology and on the seed yield and its components in four common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). In 1994, an experiment was established under field conditions at Chapingo and Tecamac, State of Mexico. Cultivars Bayo Madero, Bayo Victoria, Flor de Mayo Bajío and Pinto Villa were grown under irrigated and drought stressed treatments. Under irrigation, the soil was maintained at 75% field capacity during the whole growing season while the drought treatment was given at the beginning of flowering and lasted 30 days; afterwards, irrigation was resumed. In both locations the drought stress treatment significantly reduced ($P < 0.5$) the duration of the reproductive phase in comparison to the control treatment. Cultivars that showed higher yield under drought stress were Pinto Villa and Flor de Mayo Bajío, mainly due to their higher number of pods and normal seeds per plant. Cultivars showed differential grain yield under drought mostly due to differences in dry matter partitioning under stress.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, drought stress, yield components.

*Artículo enviado al Comité Editorial del INIFAP - Área Agrícola el 3 de marzo de 1998

¹ Drs. Investigadores del Programa de Frijol. Campo Experimental Valle de México, INIFAP. A.P. 10. C.P. 56230. Chapingo México.

² Ph.D. Programa de Botánica IRENAT. Colegio de Postgraduados 56230, Chapingo, México.

INTRODUCCION

En la región semiárida de México la actividad agrícola está sujeta a la temporada de lluvias, en donde la precipitación, además de escasa, es errática, lo cual origina períodos de sequía que afectan la producción de los cultivos [Ochoa *et al.* (15), 1992]. En esa región se han evaluado diversas estrategias tendientes a minimizar los efectos de los déficits hídricos en la producción de frijol, entre las cuales se encuentra el mejoramiento genético. Mediante esta técnica se han obtenido variedades sobresalientes en secano, como Pinto Villa y Flor de Mayo Bajío, con buena adaptación, alto rendimiento promedio (800 a 1000 kg/ha) y estabilidad en condiciones de secano. Esta respuesta se debe, entre otras características, a que esas variedades tienen plasticidad fenológica [Acosta-Gallegos *et al.* (4), 1990], mecanismo que les permite ajustar su ciclo biológico a las condiciones ambientales.

Un déficit de humedad en el suelo durante la fase reproductiva del frijol tiene como consecuencia la reducción en mayor grado de los componentes del rendimiento de primer orden, tales como el número de vainas y granos por planta, por lo cual el rendimiento de grano es más afectado en esa fase que cuando tal déficit ocurre durante la fase vegetativa [Salter y Goode (17), 1967; Mojarro (13), 1977; Magalhaes *et al.* (12), 1979; Acosta-Gallegos y Kohashi-Shibata (5), 1989; Acosta-Gallegos y Adams (6), 1991; Ramírez-Vallejo (16), 1992].

Para cuantificar la resistencia a sequía se han propuesto diferentes índices, entre los cuales destacan el descrito por Blum (8) en 1973, quien definió la resistencia a sequía en términos de la capacidad de las plantas para reducir en menor grado su rendimiento de grano al pasar de la condición favorable de humedad a la desfavorable; el índice de susceptibilidad a sequía desarrollado por Fisher y Maurer (10) en 1978 para separar los efectos del rendimiento potencial de la susceptibilidad a la sequía y la media geométrica sugerida por Samper (18) en 1984, la cual se calcula con base en la raíz cuadrada de la suma del rendimiento en riego y sequía. Otro método se basa en los tres modelos matemáticos presentados por Muñoz (14) en 1990.

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el efecto de la sequía sobre la fenología y el rendimiento de grano y sus componentes, en cuatro variedades de frijol de hábito indeterminado tipo III, así como cuantificar su resistencia a sequía a través de la utilización de diversos índices.

MATERIALES Y METODOS

En 1994 se llevaron a cabo dos experimentos bajo el sistema riego-sequia, uno en la localidad de Chapingo (19° 30' N, 98° 51' O y 2,250 msnm) y otro en Tecámac (19° 35' N, 98° 89' O y 2,298 msnm), Estado de México. Se utilizaron cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de hábito indeterminado tipo III y guía corta [Singh (19), 1982] y de diferente genealogía (Cuadro 1) pero de fenología similar, ya que inician su floración alrededor de los 45 días a partir de la siembra y tienen un ciclo de aproximadamente 95 días a la madurez fisiológica. Estas variedades fueron desarrolladas y liberadas por el Programa de Mejoramiento Genético de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), para su cultivo bajo condiciones de secano en la región templada y semiárida de México [Acosta-Gallegos (1), 1982; Acosta-Gallegos *et al.* (7), 1993; Acosta-Gallegos *et al.* (3), 1995].

CUADRO 1. GENEALOGIA Y AÑO DE LIBERACION DE LAS VARIETADES DE FRIJOL UTILIZADAS EN LOS EXPERIMENTOS DE SEQUIA CONDUCTOS EN CHAPINGO Y TECAMAC, ESTADO DE MEXICO. INIFAP, 1994.

Variedad	Genealogía	Año de liberación
Bayo Madero	C-12-159-2-4-1-3-1-3 X Bayo Criollo Calera	1982
Bayo Victoria	Criollo Ojo de Cabra de San Juan del Río, Dgo X	1995
Flor de Mayo Bajío	II952-M-29-1 (620 x 535) x 86RR x (48RR)	1986
Pinto Villa	II952-M-29-1 X (Canario 101 x Pinto Mexicano 4-2)	1993

En Chapingo la siembra se llevó a cabo el 24 de abril, en un suelo de textura migajón-arcillo-arenoso y en Tecámac, el 16 de julio en un suelo de textura migajón-arcilloso. Al momento de la siembra se colocó una semilla cada 7 cm con una separación de 0.8 m entre surcos, de tal modo que se obtuvo una densidad de población de 178,500 plantas/ha en ambas localidades. A los 15 días después de la emergencia de la planta se fertilizó con la dosis 100-100-60 de N-P-K por ha.

En cada sitio, los ocho tratamientos resultantes de la combinación de las cuatro variedades de frijol y los dos niveles de humedad edáfica (riego y sequía) se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, en donde el nivel de humedad del suelo fue la parcela grande y los genotipos, la parcela pequeña. La parcela experimental consistió en tres surcos de 6 m de longitud separados 0.8 m entre sí (14.40 m²). El tamaño de la muestra para cuantificar el rendimiento y sus componentes en cada repetición fue de 10 plantas con competencia completa tomadas del surco central.

En la condición de riego, la humedad aprovechable del suelo se mantuvo cercana al 75% o más durante todo el ciclo del cultivo, mediante las lluvias y riegos frecuentes. En la condición de sequía, el riego se suspendió por 30 días a partir de la etapa inicial de floración y el dosel se protegió de la lluvia con un cobertizo de polietileno. En dicho lapso las plantas alcanzaron la condición de marchitez permanente en las dos localidades (estimación visual); es decir, no recuperaron su turgencia durante la noche. Posteriormente, se reanudó el riego y el suelo se mantuvo cercano al 75% de capacidad de campo hasta la madurez fisiológica. En ambas condiciones hídricas las arvenses se eliminaron con azadón en dos ocasiones y del mismo modo se efectuó el aporque.

Durante el desarrollo del cultivo se registraron las temperaturas máximas y mínimas en la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo y en la estación del Campo Experimental de San Miguel del Colegio de Postgraduados, en Tecámac. El déficit de presión de vapor se calculó de acuerdo con lo expresado por Unwin (20) en 1980, para lo cual se consideró la temperatura máxima y la humedad relativa mínima.

Las variables de respuesta medidas fueron los días a floración y a madurez fisiológica. En la cosecha se cuantificó el rendimiento de grano al 14% de humedad y sus componentes, número de vainas y semillas normales por planta, número de semillas normales por vaina y el peso de 100 semillas.

La resistencia a sequía, en cuanto al rendimiento de grano, se estimó con los siguientes parámetros: a) Índice de Susceptibilidad a Sequía, el cual se calculó para cada variedad con la siguiente expresión $ISS_i = [1 - (R_{Si} / R_{Ri})] / IIS$, en donde R_{Si} es el rendimiento promedio en sequía para la *i*-ésima variedad, R_{Ri} es el rendimiento promedio en riego para la *i*-ésima variedad y IIS es el índice de intensidad de sequía [Fisher y Maurer (10), 1978]; b) Media Geométrica, la cual se calculó con la siguiente ecuación $MG = (R_{Si} \times R_{Ri})^{1/2}$, en donde R_{Si} es el rendimiento promedio en sequía de la *i*-ésima variedad y R_{Ri} el rendimiento promedio en riego de la *i*-ésima variedad [Samper (18), 1984]; c) Porcentaje de reducción del

rendimiento por efecto de la sequía, el cual se estimó con la siguiente expresión $[1 - (R_{Si}/R_{Ri})] \times 100$, en donde R_{Si} es el rendimiento promedio en sequía de la i -ésima variedad y R_{Ri} el rendimiento promedio en riego de la i -ésima variedad [Blum (8), 1973] y d) el modelo matemático I propuesto por Muñoz (14) en 1990, para evaluar genotipos bajo el sistema riego-sequía, el cual se describe como: $Y = G + S + G \times S$, en donde Y = es una variable que estima la energía acumulada por la planta en condiciones de sequía, G la variación genética, S la variación del nivel de sequía, y $G \times S$ su interacción. El componente G representa la contribución de los efectos genéricos al valor de Y . El componente $G \times S$ representa la contribución de los efectos específicos al valor de Y . De los componentes de este modelo, S no es heredable; por lo tanto, la resistencia (R) está dada por la siguiente ecuación: $R = G + G \times S$. Entonces, la selección de una variedad con resistencia a sequía podrá hacerse con base en el promedio del rendimiento en las dos condiciones de humedad del suelo (componente G) más la componente $G \times S$ que estará dada por el grado de disminución del rendimiento en la condición desfavorable con respecto a la favorable.

RESULTADOS Y DISCUSION

Fenología

Al final del tratamiento de sequía, las primeras vainas se encontraban en la etapa de formación de la semilla y las plantas presentaban marchitez permanente. La sequía acortó el período de floración a madurez fisiológica respecto al testigo sin sequía. El acortamiento promedio fue de 12 días en Chapingo y de ocho días en Tecámac. Consecuentemente, el ciclo biológico se acortó en el mismo lapso (Cuadro 2). Tal reducción en los días a madurez fisiológica inducida por el tratamiento de sequía con respecto al testigo, es similar a la observada en otras investigaciones con diferentes variedades y condiciones de manejo del estrés hídrico [Acosta Gallegos, (2), 1988; CIAT (9), 1987; Mojarro, (13), 1977; Ramírez Vallejo (16), 1992]. En el presente trabajo, las diferencias entre localidades se atribuyen principalmente a diferencias entre condiciones ambientales, las cuales se ilustran en la Figura 1, ya que en cada localidad hubo diferencias pequeñas entre genotipos.

CUADRO 2. DIAS A FLORACION Y MADUREZ FISIOLÓGICA DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL SEMBRADAS EN DOS CONDICIONES DE HUMEDAD EN DOS LOCALIDADES DEL ESTADO DE MEXICO. INIFAP, 1994.

Variedad	Días a		Reducción en sequía (Días)	
	Floración	Madurez Fisiológica		
		Riego	Sequia	
<i>Chapingo</i>				
Bayo Madero	53	110	98	12
Bayo Victoria	51	110	98	12
Flor de Mayo Bajío	55	106	94	12
Pinto Villa	51	104	92	12
<i>Media</i>	52	107	95	12
<i>Tecámac</i>				
Bayo Madero	53	124	117	7
Bayo Victoria	51	124	117	7
Flor de Mayo Bajío	55	109	102	7
Pinto Villa	51	117	104	13
<i>Media</i>	52	118	110	8

El periodo reproductivo fue más largo en Tecámac que en Chapingo; dicho retraso fue de tres días en la variedad Flor de Mayo Bajío y de 13 y 14 días en las otras variedades (Cuadro 2). Estas diferencias entre localidades podrían atribuirse a que, en cuestión de condiciones ambientales, las temperaturas máximas y mínimas fueron más bajas en Tecámac que en Chapingo, especialmente durante la fase reproductiva del frijol (Figura 1).

Los presentes resultados indican que es cuanto al efecto de sequía, las variedades mostraron mayor plasticidad fenológica en el Valle de México (Chapingo), dado que ese mecanismo fue contrarrestado por las temperaturas bajas en Tecámac. Este mecanismo se considera importante en la adaptación de las variedades de frijol de ciclo intermedio y tardío que se cultivan en la región templada semiárida de México [Acosta-Gallegos *et al.* (4), 1990]. En esta región se ha observado que la madurez fisiológica de las variedades Pinto Villa y Flor de Mayo fluctúa entre 72 y 99 días en condiciones de secano [Ochoa *et al.* (15), 1992]. Estos valores son comparables con los obtenidos en Chapingo bajo condiciones de sequía.

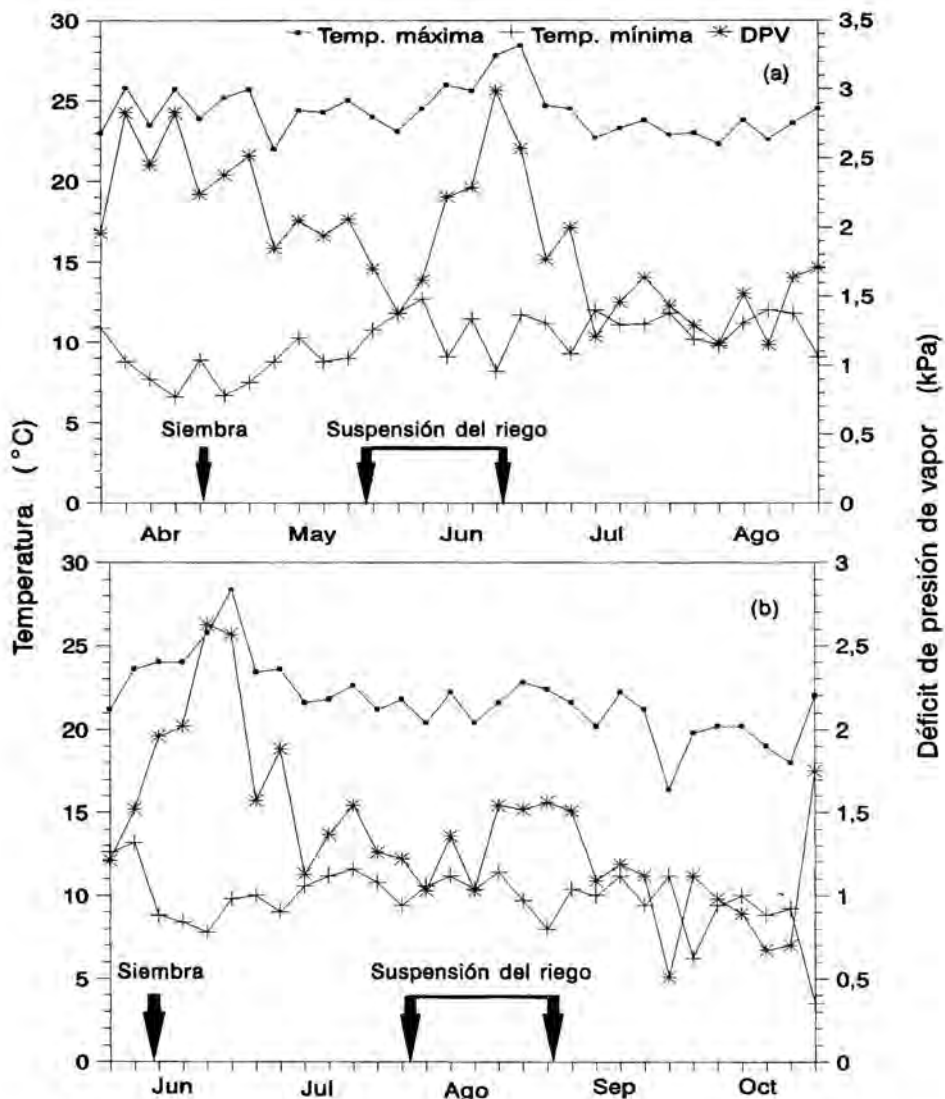


FIGURA 1. Promedio de cada cinco días de la temperatura máxima y mínima y del déficit de presión de vapor en Chapingo (a) y Tecámac (b), México, en 1992.

Rendimiento y sus componentes

En Chapingo no hubo efectos significativos en la interacción variedad x condición de humedad para el rendimiento de semilla y sus componentes, lo cual indica que las variedades evaluadas presentaron el mismo nivel de adaptación a ambas condiciones. En cambio, en Tecámac sí se registró efecto significativo de dicha interacción para el rendimiento de semilla, número de semillas/vaina y peso de 100 semillas (Cuadro 3).

CUADRO 3. RENDIMIENTO DE SEMILLA Y SUS COMPONENTES EN CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL SOMETIDAS A DOS TRATAMIENTOS DE HUMEDAD EN DOS LOCALIDADES DEL ESTADO DE MEXICO. INIFAP, 1994.

Trat. de humedad	Variedad	REND (g/pl)	NVN	NSN	SPV	PCS (g)
<i>Chapingo</i>						
Riego	Bayo Madero	13.12a	12.43a	34.62a	2.77 c	36.93 b
	Bayo Victoria	13.41a	9.57a	27.26a	2.86 b c	44.68a
	Flor de Mayo Bajo	9.74a	11.07a	43.18a	3.89 a	23.36 c
	Pinto Villa	11.22a	10.76a	35.13*	3.26 b	29.80 c
Sequia	Bayo Madero	6.90a	6.27 b	16.99 b c	2.74 a	37.25 b
	Bayo Victoria	6.95a	5.57 b	15.24 c	2.71 a	41.95a
	Flor de Mayo Bajo	7.10a	8.01a	27.74a	3.48 a	23.85 d
	Pinto Villa	8.60a	8.05a	23.90 a b	2.99 a	29.37 c
DHS(0.05)	Trat. Humedad	1.96	1.43	3.48	0.31	3.07
	Variedad	2.21	2.01	7.17	0.30	2.09
	Humedad x Variedad	3.22	2.83	9.80	0.44	3.24
<i>Tecámac</i>						
Riego	Bayo Madero	23.68a b	16.18a	54.83 b c	3.39 b	43.28 b
	Bayo Victoria	24.64a	14.75a	46.31 c	3.13 c	49.81a
	Flor de Mayo Bajo	18.60 b	17.75a	69.25a b	3.84 a	27.34 d
	Pinto Villa	25.49a	18.08a	71.63a	3.97 a	35.56 c
Sequia	Bayo Madero	7.31 b	6.39 b	18.73 c	2.96 b	40.11a
	Bayo Victoria	8.86 b	6.54 b	20.50 c	3.13 b	42.95a
	Flor de Mayo Bajo	8.47 b	9.01a	33.02 b	3.95 a	23.88 c
	Pinto Villa	11.57a	10.75a	41.02a	3.82 a	28.29 b
		1.25	0.89	3.49	0.17	1.87
		1.99	1.76	6.18	0.16	1.62
		2.62	2.36	8.26	0.25	2.31

REND = rendimiento de semilla; NVN = Número de vainas normales/pl; NSN = número de semillas normales/pl; SPV = semilla/vaina; PCS = peso de 100 semillas. Medias con la misma letra en sentido de las columnas para cada tratamiento de humedad son estadísticamente iguales (DMS, 0.05).

Cabe destacar que en Chapingo los rendimientos de semilla bajo riego fueron inferiores a los de Tecámac, lo cual podría deberse a que en este segundo sitio se registraron condiciones ambientales más favorables y las plantas mostraron un ciclo biológico más prolongado (Figura 1). Asimismo, es importante señalar que en el tratamiento de sequía las diferencias de rendimiento entre los dos sitios fueron menores que en el de riego, ya que en la localidad de Chapingo las variedades no mostraron su potencial productivo bajo esta última condición (Cuadro 3).

En Chapingo no hubo diferencias significativas entre las variedades de frijol, ni en riego ni en sequía, aunque cabe destacar que en esta última condición la variedad Pinto Villa tendió a ser mejor que las demás (Cuadro 3). En Tecámac, la variedad más rendidora fue Pinto Villa en las dos condiciones de humedad del suelo, lo cual muestra la plasticidad fenotípica y capacidad de respuesta de esta variedad [Acosta-Gallegos *et al.* (4), 1990].

En promedio, las variedades sufrieron una reducción similar del rendimiento por efecto del déficit hídrico en ambas localidades, pero en Chapingo dicha reducción parece menor por el bajo rendimiento obtenido en riego. La reducción del rendimiento estuvo estrechamente ligada a la disminución del número de vainas y semillas normales por planta y, en menor grado, al número de semillas por vaina y al peso de 100 semillas. Estos resultados indican que la sequía afectó a los componentes del rendimiento que se definen primero y concuerdan con lo encontrado por otros investigadores [Mojarro (13), 1977; Flores Lui (11), 1982; Acosta-Gallegos y Kohashi-Shibata (5), 1989; Acosta-Gallegos y Adams (6), 1991; Ramírez-Vallejo (16), 1992].

Resistencia a la sequía

Respecto a los parámetros utilizados para evaluar la resistencia de las variedades a la sequía, se encontró consistencia entre todos ellos para identificar la mejor variedad de las cuatro evaluadas en las dos localidades (Cuadro 4). La variedad superior también pudo haberse identificado sin la ayuda de esos índices. No obstante, con tales índices se podría precisar la respuesta de las variedades que mostraron rendimientos similares bajo sequía; así, en este caso, mientras que la variedad Pinto Villa se clasifica como resistente, si se tratara de discernir entre Flor de Mayo Bajío y Bayo Victoria, cuyos rendimientos en sequía fueron similares en ambas localidades, el uso de esos índices permitiría una discriminación. Con excepción de la Media Geométrica, la que es influenciada por el rendimiento potencial, todos los demás índices clasifican a Flor de Mayo Bajío como más resistente a la sequía que Bayo Victoria.

Estos resultados coinciden con lo observado por Ochoa *et al.* (15) en 1992, en el sentido de que la variedad Pinto Villa presenta adaptación a buenos ambientes y estabilidad de rendimiento en condiciones de secano.

CUADRO 4. COMPARACION DE LA RESPUESTA DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL A DOS CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO MEDIANTE INDICES FISIOTECNICOS. INIFAP, 1994.

Variedad	ISS	MG	Reducción		IC (%)
			(%)	R	
<i>Chapingo</i>					
Bayo Madero	1.27	9.51	47	3.79	40.75
Bayo Victoria	1.27	9.65	48	3.72	36.00
Flor de Mayo Bajío	0.72	8.31	27	5.78	52.75
Pinto Villa	0.61	9.82	23	7.29	56.50
<i>Tecámac</i>					
Bayo Madero	1.13	13.16	69	-0.88	36.50
Bayo Victoria	0.90	14.77	64	0.97	35.75
Flor de Mayo Bajío	0.90	12.55	54	3.41	42.25
Pinto Villa	0.90	17.17	55	4.61	42.25

ISS = Índice de Susceptibilidad a la Sequía [Fisher y Maurer (9), 1978]; MG = Media Geométrica [Samper (18), 1984]; Reducción del rendimiento [Blum (8), 1973]; R = Resistencia a sequía [Muñoz (14), 1990]; IC = Índice de Cosecha.

CONCLUSIONES

1. La sequía acortó la duración de la fase reproductiva de las cuatro variedades de frijol en comparación con el tratamiento de riego en las dos localidades de prueba.
2. Las variedades de frijol estudiadas exhibieron una respuesta diferencial de rendimiento a la condición de sequía impuesta mediante la suspensión del riego durante 30 días a partir del inicio de la floración.
3. Las variedades con mayor rendimiento en sequía fueron Pinto Villa y Flor de Mayo Bajío, debido principalmente a un mayor índice de cosecha que favoreció a su vez un alto número de vainas y semillas normales por planta.
4. Los índices fisiotécnicos utilizados para comparar la respuesta de las variedades, mostraron resultados similares en la identificación del genotipo más resistente a la sequía.

BIBLIOGRAFIA

1. Acosta-Gallegos, J. A. 1982. **Bayo Madero y Bayo Los Llanos, nuevas variedades de frijol para el norte centro de México**. INIA. Durango, Dgo. 8 p. (Folleto Técnico Núm. 1).
2. _____, 1988. **Selection of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes with enhanced drought tolerance and biological nitrogen fixation**. Ph. D. Thesis Michigan State University. East Lansing. 196 p.
3. _____, F. J. Ibarra Pérez, R. Ochoa Márquez, M. de la P. Arrieta Montiel y A. Pajarito Ravelero. 1995. **Bayo Victoria, nueva variedad de frijol de temporal para Durango**. INIFAP, Durango, Dgo. 22 p. (Folleto Técnico Núm. 8).
4. _____, R. Ochoa Márquez, D. M. Aguilera Charles y R. Rosales Serna. 1990. **Mecanismo fenológico de escape en frijol en relación a adaptación a temporal**. In: T. Angel Kato Yamakake, Manuel Livera Muñoz y Victor A. González Hernández. XIII Congreso Nacional de la Soc. Mexicana de Fitogenética, Cd. Juárez, Chih. p. 508-509.
5. _____ and J. Kohashi-Shibata. 1989. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Field Crops Res.** 20: 81-93.
6. _____ and M.W. Adams. 1991. Plant trait and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under drought stress. **J. Agric. Sci.** 117: 213-219.
7. _____, J.A., I. Sánchez Valdez, R. Ochoa Márquez, A. Pajarito Ravelero y F. Ibarra Pérez. 1993. **Pinto Villa, nueva variedad de frijol de temporal para el estado de Durango**. Durango, Dgo. 16 p. (Folleto Técnico Núm. 3.).

8. Blum, A. 1973. Components analysis of yield response to drought of sorghum hybrids. *Exp. Agric.* 9:159-157.
9. CIAT, 1987. **Bean Program Annual Report**. CIAT. Cali, Colombia. p. 149-160. (Working Document Number 39).
10. Fisher, R. A., and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 897-912.
11. Flores Lui, L.F. 1982. **Flowering, pod seed, yield and dry matter partitioning of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to water stress and flower and leaf removal**. Ph. D. Thesis, University of California, Davis, California. 116 p.
12. Magalhaes, A. A., A. A. Miller y E.N. Choudhry. 1979. Efeito do déficit fenológico de agua a producáo de feijão. *Turrialba*. 29: 269-273.
13. Mojarro Dávila, F. 1977. **Efecto de la sequía en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Aspectos fenológicos**. Tesis de Maestria en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 141 p.
14. Muñoz Orozco, A. 1990. Modelo matemático para evaluar la resistencia a sequía casos 1 a 6. *Evolución Biológica*. 4:93-106.
15. Ochoa Márquez, R., J. A. Acosta-Gallegos, S. Núñez González, H. Pérez Trujillo, D. M. Aguilera Charles, P. Fernández Hernández, M. López Bautista y O. A. Grajeda C. 1992. **Estabilidad de rendimiento de variedades de frijol de diferente ciclo en la región semiárida de México**. In: J.A. Acosta-Gallegos, R. Gutiérrez G., A. Castro P. y M.J. Valdés G. (eds.). Resultados de investigación sobre frijol 1990. Proyecto colaborativo INIFAP-MSU. SARH-INIFAP. Durango, México. p: 20-41.
16. Ramírez Vallejo, P. 1992. **Identification and estimation of hereditabilities of drought-related resistance traits in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Ph. D. Thesis, Michigan State University. 320 p.
17. Salter, P. J. and J. E. Goode. 1967. **Crop responses to water at different stage of growth**. Commonwealth Agricultural Bureaux. 256 p.
18. Samper, C. 1984. **Effect of water stress imposed at mid-pod filling upon yield and dry matter partitioning in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.)**. M.Sc. Thesis. Michigan State University. East Lansing. 121 p.
19. Singh, S.P. 1982. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris* L. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 25: 92-95.
20. Unwin, D.M. 1980. **Microclimate measurement for ecologists**. Academic Press, Inc. London. 96 p.