

TOLERANCIA A LA SEQUIA EN GERMOPLASMA DE FRIJOL COMUN Y FRIJOL TEPARI¹

J.C. Rosas²
J.D. Erazo²
J.R. Moncada²

INTRODUCCION

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es uno de los cultivos de granos básicos más importantes en América Latina y algunas regiones de Africa. Es el componente principal de la dieta tradicional y una de las fuentes de proteína más baratas y de fácil acceso para una gran proporción de los pobladores de Honduras, así como en otros países de Centro América.

Entre los factores limitantes de la producción de frijol en Honduras se incluyen principalmente los daños causados por varias enfermedades e insectos, condiciones de suelo de baja productividad, y lluvias insuficientes en la época de "postrera", cuando se concentra la mayor área cultivada con este cultivo (Adams, 1984). Estas limitaciones originan bajos niveles de rendimiento de grano, 500-600 kg/ha, en relación al potencial observado para esta leguminosa en condiciones experimentales o más favorables de producción.

¹ Este trabajo fue parcialmente financiado por el Proyecto Título XII- Bean/Cowpea CRSP, bajo el auspicio de la Agencia para el Desarrollo Internacional (Donación No. DAN-1310-G-SS-6008-00).

² Jefe y Graduados del Programa de Ingeniero Agrónomo 1989-90, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

El frijol común es considerado como un cultivo de baja tolerancia a déficits severos de agua; sin embargo, casi 60 por ciento de la producción en América Latina está sujeta a déficits moderados a severos de agua (Laing *et al.*, 1984). En Honduras, más del 60 por ciento del área cultivada con frijol se siembra en la época de "postrera" (siembras en Sep-Oct) bajo el sistema de relevo después que el cultivo de maíz alcanza la madurez fisiológica o inmediatamente después de que este cultivo es retirado del campo y las parcelas son preparadas. Bajo estos sistemas, las probabilidades de lluvia van disminuyendo a medida que el cultivo entra a la etapa reproductiva (Zuluaga *et al.*, 1987). En siembras más tardías, debido a retrasos en la cosecha de maíz o en la preparación del terreno por falta de maquinaria o tracción animal, las limitaciones de agua en el cultivo de frijol pueden presentarse y tener efectos severos sobre el crecimiento aún antes a la anthesis. Bajo las características de cultivo mencionadas, y debido a que las áreas frijoleras más importantes están ubicadas en las regiones semi-áridas del país, es usual que en la época de postrera el cultivo se desarrolle bajo condiciones muy limitadas de humedad disponible en el suelo.

Varios mecanismos de tolerancia a la sequía han sido sugeridos en el caso de frijol común incluyendo mecanismos de escape, de tolerancia a bajo o a alto potencial de agua en las plantas, eficiencia en la partición y removilización de fotoasimilados, y adaptación a factores relacionados a la sequía (White e Izquierdo, 1989). En Honduras, los agricultores utilizan mayormente variedades criollas precoces (Cuarenteño, Cincuentaño, Chingo, etc.) de unos 30 días a floración y 60-65 días a madurez fisiológica, como un mecanismo de escape. La preferencia de variedades precoces limita, hasta cierto punto, la adopción de variedades mejoradas con rendimiento superiores, pero frecuentemente más tardías, que las tradicionales (Zuluaga *et al.*, 1987). Sin embargo, Danlí 46, una variedad mejorada y adoptada extensivamente por los agricultores en áreas frijoleras de importancia, es considerada como de maduración intermedia, aproximadamente unos 70-72 días a madurez fisiológica. Esta variedad presenta una gran estabilidad en el rendimiento (Unander *et al.*, 1989), y es una de las más adaptadas a condiciones de sequía; en condiciones favorables de humedad produce rendimientos muy buenos (Guerrero y Rosas, 1988). Esto sugiere que variedades mejoradas de maduración intermedia pudiesen ser adoptadas por los agricultores si estas poseen un rendimiento superior y estable en relación a las variedades criollas precoces. La falta de estabilidad en el comportamiento de genotipos identificados como tolerantes y susceptibles a la sequía en Colombia y su comportamiento en Honduras ha sido indicada por Zuluaga *et al.* (1987). Es más, White e Izquierdo (1989) reportan variaciones en el comportamiento de

genotipos de frijol bajo estrés de sequía en localidades dentro del mismo Colombia. Ambos, Zuluaga *et al.* (1987) y White e Izquierdo (1989), sugieren que ésto se debe a diferencias en adaptación a condiciones asociadas con la sequía como lo son alta temperatura, baja fertilidad y otros factores edáficos.

El efecto de la sequía en la nodulación reduce las posibilidades de la utilización del nitrógeno (N) proveniente del proceso simbiótico de la fijación del N atmosférico, el cual es esencial bajo condiciones de producción de frijol en suelos bajos en N y donde el uso de fertilizantes es muy limitado, como es el caso de Honduras. En un ensayo conducido en cuatro localidades de Honduras en la postrera de 1984, se observaron incrementos promedios de mas de 5 veces en la nodulación y de 3 veces el rendimiento de grano en una de las localidades donde se aplicó riego en relación a las otras tres que no se irrigaron y estuvieron sometidas a una fuerte sequía (Rosas *et al.*, 1988).

Contrario a lo que sucede con frijol común, el frijol tepari (*Phaseolus acutifolius*) está adaptado a climas secos y calurosos y podría ser una fuente importante de tolerancia a sequía en un programa para el mejoramiento de frijol común (Thomas *et al.*, 1983). La utilización de este valioso germoplasma de frijol tepari para mejorar la tolerancia del frijol común a la sequía en Honduras ha sido sugerida por Rosas *et al.* (1990). En estos trabajos, híbridos interespecíficos Pv x Pa, desarrollados mediante el método de retrocruza congruía (Haghighi y Ascher, 1988), fueron seleccionados por su comportamiento superior al de testigos locales de frijol común bajo condiciones de estrés de sequía.

MATERIALES Y METODOS

Una serie de ensayos de campo fueron conducidos en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, para estudiar el comportamiento de genotipos e híbridos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* -Pv-) y frijol tepari (*Phaseolus acutifolius* -Pa-) bajo condiciones de sequía, durante el período 1987-89. Estos trabajos fueron conducidos en los terrenos de La Vega 1 (Experimentos 1, 2 y 3) en un suelo franco, pH 5.7-5.9, 2.0-2.3 % materia orgánica, 0.12-0.13 % N total, 33-48 ppm P y 480-550 ppm K, y en la Terraza 3 (Experimentos 4 y 5), en un suelo franco, pH 5.9, 1.2 % materia orgánica, 0.13 % N total, 23 ppm P y 273 ppm K.

Con el fin de contar con condiciones de crecimiento bajo estrés de sequía, estos ensayos fueron sembrados en los meses de Oct-Nov y

Febrero, cuando las lluvias son bastante escasas. Las fechas de siembra fueron: Experimento 1, 20 Marzo 87; Experimento 2, 9 Marzo 88; Experimento 3, 11 Oct 88 (control) y 9 Nov 88 (bajo estrés); Experimento 4, 9 Feb 89; y Experimento 5, 24 Nov 89. Estos trabajos fueron conducidos utilizándose un sistema de riego por aspersión para facilitar la germinación y establecimiento de las plantas, y para poder contar con parcelas con condiciones óptimas y de estrés de humedad en el suelo y así poder estimar el efecto de la sequía en el rendimiento por se , y otros criterios adicionales, de genotipos de frijol común y tepari. En el Experimento 1, las condiciones de estrés de sequía fueron impuestas mediante la suspensión de los riegos a la pre floración; las parcelas control recibieron tres riegos adicionales. Bajo estas condiciones impuestas artificialmente, la cantidad total de agua fue de 292 mm en las parcelas control y 202 mm en las parcelas bajo estrés. En el Experimento 2, las diferencias en humedad en el suelo fueron debidas a un riego adicional de 40 mm aplicado en las parcelas control a los 57 DDS, mientras que en las parcelas bajo "estrés" el último riego se proporcionó a los 50 DDS. Las cantidades totales de agua recibidas fueron 240 mm (control) y 200 mm (estrés). En el Experimento 3, las diferencias en humedad fueron debidas a diferencias en las fechas de siembra; las parcelas control se sembraron el 11 Oct 88 y recibieron 184 mm, y las parcelas bajo estrés el 9 Nov 88 y recibieron 109 mm de agua. En los Experimentos 4 y 5 se tuvieron cuatro niveles de humedad, incluyendo estrés de sequía iniciados con la aplicación del último riego a los 20, 35 y 50 DDS, y el control con humedad óptima hasta cerca de la madurez fisiológica. Las cantidades de agua aplicadas en estos cuatro tratamientos en el Experimento 4 fueron 120, 160, 195 y 245 mm, y en el Experimento 5, 110, 170, 200 y 250 mm, respectivamente.

Los ensayos fueron fertilizados con 200 kg/ha de 18-46-0 al momento de la siembra. La siembra se hizo manualmente utilizándose una distancia entre surcos de 0.60 m y entre golpes de 0.10 m, y colocándose 2 semillas por golpe. A los 10 DDS se procedió a ralea dejándose una sola planta por golpe y una población aproximada de 166,666 pl/ha. Los ensayos se mantuvieron con una baja incidencia de enfermedades e insectos mediante aplicaciones periódicas de productos químicos recomendados. Las malezas fueron controladas con herbicidas pre-siembra incorporados y complementada con desyerbas manuales.

El germoplasma evaluado en estos ensayos incluye genotipos de frijol común facilitados por el CIAT (Dr. J. White), la Universidad de California-Davis (Dr. J. Waines) y cultivares locales, frijol tepari obtenidos de la Universidad de Minnesota (Dr. P.D. Ascher), e híbridos

interespecíficos Pv x Pa proporcionados por la Universidad de Purdue (Dr. R. Pratt) (Zuluaga *et al.*, 1987).

Los resultados que se reportan incluyen datos del efecto de la sequía en el rendimiento de grano de plantas crecidas bajo estrés en relación a aquellas crecidas en parcelas control con condiciones de humedad más adecuadas. Además se incluyen datos de criterios usados para estimar la respuesta de los genotipos a la sequía como la media geométrica, el rendimiento diferencial y el índice de susceptibilidad a la sequía (Samper y Adams, 1985a,1985b; Fisher y Maurer, 1978) . Adicionalmente, en algunos casos se incluyen datos de días a floración y a madurez fisiológica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Inestabilidad en el Comportamiento de los Genotipos

Bajo las condiciones del Zamorano se observan que algunos genotipos son más definidos en su expresión de tolerancia y susceptibilidad al estrés de sequía a través de varios ensayos. Otros genotipos se comportan diferente en relación tanto a lo observado en los trabajos del CIAT en Colombia (White e Izquierdo, 1989), como en ensayos previos realizados en El Zamorano (Zuluaga *et al.*, 1987). Los resultados de los Experimentos 1 y 2 ilustran esta variación en el comportamiento de los genotipos de Phaseolus bajo sequía.

Experimento 1. Las diferencias en el rendimiento de este experimento sugiere un efecto obvio del estrés de sequía en el rendimiento promedio de los 10 genotipos incluídos, donde la reducción en rendimiento promedio expresada como rendimiento diferencial fue de 56% (Cuadro 1). Según los criterios de tolerancia a sequía usados, la media geométrica (MG), rendimiento diferencial (RD), e índice de sequía (IS) (Samper y Adams, 1985a, 1985b; Fisher y Maurer, 1978), los genotipos Río Tibagi (tolerante) y A-70 y BAT 1224 (susceptibles) se comportaron tal y como se esperaba en base a estudios previos (White e Izquierdo, 1989; Zuluaga *et al.*, 1987). Sin embargo, BAT 477 (tolerante) (White e Izquierdo, 1989) se comportó como susceptible. A80-2, el único material Pa incluído, se comportó de acuerdo a la tolerancia a sequía reportada para frijol tepari (Thomas *et al.*, 1983), en cuanto a su rendimiento bajo estrés, y los criterios MG, RD e IS. En cambio Purdue 16 (una línea híbrida interespecífica Pv x Pa) se comportó casi similar a

Cuadro 1. Rendimiento de grano promedio de diez genotipos de *Phaseolus* bajo condiciones de humedad adecuada (control) y de estrés de sequía impuesta desde la etapa de la pre-floración. Experimento 1. El Zamorano, 1987.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha) ^z		Criterios ^y				Fenología ^x	
	Control	Estrés	MG	RD	IS	DF	DM	
<i>P. vulgaris</i> (Pv)								
Río Tibagi	2636	1651	2086	37	1.4	40	73	
V-8025	2926	1398	2023	52	1.1	38	71	
A-170	2903	1303	1945	55	1.0	39	72	
P. Sintético	2789	1225	1848	56	1.0	39	72	
A-70	2873	1186	1846	59	0.9	38	72	
BAT 477	2976	957	1688	68	0.7	36	71	
BAT 1224	2578	1049	1644	59	0.9	39	72	
Puebla 152	2065	499	1015	76	0.6	41	74	
<i>P. acutifolius</i> (Pa)								
A80-2	2705	1944	2293	28	1.6	34	64	
Pv x Pa								
Purdue 16	2614	763	1412	71	0.7	33	68	
Promedio(n = 10)	2706	1197	1800	56	1.0	38	71	

^z Rendimiento promedio en parcelas control (292 mm total, 3 riegos adicionales post-floración) y bajo estrés (202 mm total, re-floración).

^y Criterios de tolerancia a sequía: media geométrica (MG), rendimiento diferencial (RD) e índice de sequía (IS).

^x Días a floración (DF) y a madurez fisiológica (DM) en parcelas control.

Puebla 152, uno de sus progenitores Pv, siendo ambos los más susceptibles. Posiblemente, esta línea híbrida ya sea inicialmente no obtuvo suficientes genes que confieren tolerancia a sequía del progenitor Pa, o los perdió durante el proceso de selección.

Experimento 2. Aún el estrés de sequía presente en etapas de desarrollo avanzadas, como el llenado de grano, puede causar reducciones apreciables en el rendimiento de algunos genotipos de Pv; estas reducciones pueden variar entre 3 a 64%, en términos de RD (Cuadro 2). En este experimento, algunos genotipos identificados previamente como tolerantes sufrieron reducciones apreciables (i.e. San Cristóbal 83, RD igual a 43%). A 70, se presenta como el más susceptible coincidiendo con resultados de White e Izquierdo (1989) y Zuluaga *et al.* (1987). El genotipo menos afectado fue Danlí 46 (RD de 3%), una de las variedades comerciales de mayor estabilidad, por lo que es bastante apreciado por los agricultores de algunas zonas frijoleras de Honduras (Unander *et al.*, 1989).

Parte de la inconsistencia en los datos reportados anteriormente y los que se presentan en este trabajo puede ser explicado usando como ejemplo la información obtenida en los genotipos Zamorano y RAB 50 (Cuadro 2), que según Zuluaga *et al.* (1987) son susceptibles a la sequía. Según la MG de estos dos genotipos se les podría clasificar como susceptibles; sin embargo, si consideramos los valores de RD (9 y 19%) e IS (1.3 y 1.4) obviamente no los clasificaríamos como tales. Lo que sucede es que estos valores de RD e IS son inflados debido a que los rendimientos de estos genotipos en las parcelas control son los más bajos y muy aproximados a los obtenidos bajo estrés. Esto nos sugiere que debemos utilizar un arreglo de parámetros que nos den una idea más integral sobre el efecto de la sequía en el comportamiento de los genotipos. Asimismo, en evaluaciones de genotipos por su tolerancia a sequía deben incluirse varias localidades y épocas, a fin de poder también evaluar la estabilidad de este carácter que es afectado por otros factores del medio ambiente además del estrés de sequía.

Ventaja Relativa de la Precocidad

El uso de variedades precoces de frijol es muy común entre los agricultores hondureños, como una medida para asegurar un nivel de rendimiento mínimo bajo sistemas de producción en que la disponibilidad de agua en las etapas post-floración usualmente son limitadas (Zuluaga *et al.*, 1987).

Cuadro 2. Efecto del estrés de sequía durante el llenado de grano en el rendimiento de nueve genotipos de frijol común Experimento 2. El Zamorano, 1988.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha) ^z		Criterios ^y			Fenología ^x	
	Control	Estrés	MG	RD	IS	DF	DM
Danlí 46	2002	1946	1973	3	1.5	37	70
A 170	2468	1440	1885	42	1.0	39	73
Río Tibagi	2175	1556	1840	29	1.1	39	72
BAT 477	2039	1619	1817	21	1.2	37	73
A 70	3001	1017	1793	64	0.6	37	73
Zamorano	1740	1587	1662	9	1.4	36	74
RAB 50	1552	1253	1395	19	1.3	33	73
San Crist. 83	1851	1019	1373	45	0.9	37	72
Icta-Ostúa	2248	825	1362	63	0.6	39	73
Promedio(n=9)	2119	1368	1703	35	1.0		
DMS (.05)		609					

^z Rendimiento promedio en parcelas control (un riego adicional a los 57 DDS) y bajo estrés (último riego a los 50 DDS).

^y Criterios de tolerancia a sequía: media geométrica (MG), rendimiento diferencial (RD) e índice de sequía (IS).

^x Días a floración (DF) y madurez fisiológica (DM) en parcelas control.

Cuadro 3. Efecto de las diferencias en cantidad de agua disponible presente en dos épocas de siembra en el rendimiento de grano de catorce genotipos de *Phaseolus*. Experimento 3, El Zamorano, 1988.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha) ^z		Criterios ^y			Días a madurez	
	Control	Estrés	MG	RD	IS	Control	Estrés
Precoces							
RAB 50	1151	802	961	30	1.2	66	63
Purdue 16 ^x	1138	697	891	39	1.0	69	67
Cuarenteño	1188	617	856	48	0.9	65	64
Purdue 9	984	692	825	30	1.2	67	67
Desarrural	1191	564	820	53	0.8	66	64
Purdue 35	923	584	734	37	1.1	67	66
PI 312-302	976	529	719	46	0.9	61	56
Promedio	1078	641	831	40	1.0	66	64
Tardíos							
A170	1323	734	985	45	0.9	80	81
Río Tibagi	1219	728	942	40	1.0	78	77
Icta Ostúa	1155	772	944	33	1.1	80	80
BAT 477	979	620	779	37	1.1	77	79
San Crist. 83	906	664	776	27	1.3	77	76
Danlí 46	1097	546	774	50	0.8	77	76
Zamorano	987	463	676	53	0.8	77	74
Promedio	1105	640	841	41	1.0	78	78
Promedio general	1092	640	836	40	1.0	72	71

^z Rendimiento promedio: control sembrado el 11 Oct 88 (184 mm de agua recibida) y bajo estrés sembrado el 9 Nov 88 (109 mm de agua recibida).

^y Criterios de tolerancia a sequía: media geométrica (MG), rendimiento diferencial (RD) e índice de sequía (IS); este último estimado usando el promedio general de rendimiento incluyendo genotipos precoces y tardíos.

^x Líneas de Purdue son híbridos interespecíficos de P_v x P_a.

Experimento 3. Este experimento se condujo en la postrera de 1988 para tratar de delucidar las ventajas de los materiales precoces bajo condiciones de estrés de sequía. Los resultados obtenidos en las parcelas control y bajo estrés indican una reducción en el rendimiento promedio general debido a la influencia del estrés de sequía de 40% (Cuadro 3). Las cantidades de agua recibidas en estas dos épocas fueron de 184 mm y 109 mm, respectivamente. Los promedios de la MG, el RD y el IS fueron similares tanto en el grupo de genotipos precoces como en el de los tardíos. Por otro lado, en ambos grupos de maduración se observaron algunos genotipos comportándose como tolerantes (RAB 50 y San Cristóbal 83) y otros como susceptibles (Desarrural y Zamorano), si consideramos principalmente los criterios de RD e IS. Esto sugiere que el uso de la precocidad como mecanismo de escape no es la única alternativa de tolerancia a sequía que pueda ser utilizada bajo condiciones de Honduras, y que se podría ofrecer al agricultor variedades mejoradas, un poco más tardías que las criollas, pero con mejor potencial de rendimiento bajo condiciones con limitaciones de agua.

Algunos de los posibles mecanismos de tolerancia a sequía en frijol, citados por White e Izquierdo (1989), aparte de la precocidad, se sugieren que están presentes en los materiales tardíos que muestran tolerancia. Para la identificación de estos mecanismos se requiere de estudios más específicos, los cuales muchas veces deberán ser conducidos bajo condiciones controladas. El caso de la buena aceptación de Danlí 46 ya citada, demuestra que es factible utilizar variedades de madurez intermedia, siempre y cuando estos materiales mejorados tengan una buena estabilidad de rendimiento bajo diversas condiciones, incluyendo al estrés de sequía.

Respuesta al Estrés Iniciado en Diferentes Etapas de Desarrollo

Aparentemente, el comportamiento de un grupo de genotipos no es el mismo si el estrés de sequía se presenta (inicia) en diferentes etapas de desarrollo. Ya hemos observado que algunos genotipos de frijol común son muy susceptibles al estrés en etapas avanzadas del desarrollo de las plantas (Cuadro 2).

Experimento 4 y 5. Las diferencias en el comportamiento de cuatro genotipos debido al efecto de sequía impuesto en diferentes etapas de desarrollo se discuten a continuación. Como es de esperarse, la reducción en el rendimiento de grano con respecto al control se incrementa significativamente en relación inversa a la etapa de

Cuadro 4. Efecto del estrés de sequía impuesta en diferentes etapas de desarrollo en el rendimiento de grano de genotipos de frijol común. Experimentos 4 y 5, El Zamorano, 1989.^z

Genotipos	Rendimiento (kg/ha)				Promedio	DMS (.05)
	Control	50 DDS ^y	35 DDS	20 DDS		
	<u>Experimento 4</u>					
RAB 50	2330	1285	788	804	1302	
Zamorano	2566	1128	825	774	1323	
Icta Ostúa	2150	1036	763	714	1166	
Danlí 46	2592	1085	863	783	1331	
Promedio	2410	1134	810	769	1281	281
DMS(.05)					ns	
	<u>Experimento 5</u>					
RAB 50	2039	1232	914	481	1166	
Zamorano	1349	1490	848	558	1061	
Icta Ostúa	1870	1491	1003	755	1280	
Danlí 46	1568	1049	736	600	988	
Promedio	1707	1316	875	599	1124	241
DMS (.05)					ns	

^z Epocas de siembra: Experimento 4 (9 Feb 89) y 5 (24 Nov 89).

^y Días después de la siembra en que se aplicó el último riego; las parcelas del control se regaron hasta madurez fisiológica.

desarrollo en la cual se impone el estrés (Cuadro 4). En el Experimento 4 (E4) hubo diferencias entre los tratamientos de estrés ($P < .01$) pero no entre genotipos. En el Experimento 5 (E5), las diferencias entre tratamientos de estrés y genotipos fueron significativas ($P < .01$) como también la interacción época de estrés x genotipo ($P < .05$).

Los valores promedios de la MG en el E4 fueron mayores que en el E5 cuando el estrés se impuso a la prefloración (EPR), como cuando el estrés se impuso a la postfloración (EPO). El RD fue similar bajo EPR en ambos experimentos y significativamente menor en el E5 (28%) que en el E4 (53%) bajo EPO (Cuadro 5). Posiblemente las diferencias observadas entre estos dos experimentos, especialmente en términos de el RD, sean debidas a que la temperatura promedio en la época de siembra de Febrero son mayores que las de Noviembre, lo cual impone un mayor estrés en las plantas. Cabe mencionar que las cantidades de agua proporcionadas en ambos experimentos fueron bastantes similares.

Las diferencias entre genotipos indican que en el E4 la MG más baja en condiciones de EPR fue la observada en el genotipo RAB 50 (coincidiendo con la susceptibilidad sugerida por Zuluaga *et al.*, 1987); sin embargo, este genotipo obtuvo la MG más alta en condiciones de EPO, aunque las diferencias con respecto a otros genotipos no fueron muy claras. Los valores de RD entre genotipos en la EPR no fueron muy diferentes, pero en la EPO el menor RD se observó en RAB 50 (45%). El IS fue mayor en RAB 50 en ambas condiciones de estrés, EPR (1.08) y EPO (1.17). Los promedios de IS más bajos se observaron en el cultivar Zamorano (0.95 y 0.93, respectivamente).

En el E5 ocurrió todo lo contrario con RAB 50, el cual presentó los valores más altos de RD (40%), y los más bajos de IS en ambas épocas de iniciado el estrés, EPR (0.67) y EPO (0.78). Por otro lado, el genotipo Zamorano obtuvo el menor RD (10%) y los más altos IS (1.18 y 1.43) en el E5, mostrando una tendencia opuesta a la observada en el E4. Lo observado en RAB 50 y Zamorano en el E4 y E5, enfatiza aún más la inestabilidad en el comportamiento de ciertos genotipos bajo condiciones de estrés, discutida anteriormente. En este caso, y debido a que ambos experimentos, E4 y E5, fueron conducidos en el mismo lote, se puede atribuir que otros factores, como la temperatura, asociados al estrés de sequía contribuyeron a esta falta de estabilidad en el comportamiento de RAB 50 y Zamorano bajo estrés de sequía. Estas observaciones amplían lo manifestado al respecto por White e Izquierdo (1989) y Zuluaga *et al.* (1987).

Cuadro 5. Efecto del estrés de sequía impuesta en las etapas de pre y post-floración en rendimiento de grano de seis genotipos de frijol común. Experimentos 4 y 5. El Zamorano, 1989.

Genotipos	Criterios de tolerancia ^z					
	MG		RD		IS	
	Pre-F	Post-F	Pre-F	Post-F	Pre-F	Post-F
RAB 50	1016	1730	65	45	1.08	1.17
Zamorano	1409	1701	70	56	0.95	0.93
Icta Ostúa	1239	1492	67	52	1.04	1.02
Danlí 46	1424	1677	70	58	0.95	0.89
Promedio	1361	1650	68	53	1.00	1.00
			<u>Experimento 4</u>			
RAB 50	990	1584	76	40	0.67	0.78
Zamorano	868	1418	59	10	1.18	1.43
Icta Ostúa	1188	1670	60	20	1.15	1.03
Danlí 46	970	1283	62	33	1.09	0.87
Promedio	1004	1489	64	28	1.00	1.00
			<u>Experimento 5</u>			

^z Criterios de tolerancia a sequía: media geométrica (MG), rendimiento diferencial (RD) e índice de sequía (IS). Estimados usando los datos de rendimiento del control y bajo estrés impuesto a la pre-floración (20 DDS) y a la post-floración (50 DDS) indicados en el Cuadro 4.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El comportamiento de genotipos de Pv bajo estrés de sequía presenta un alto grado de inestabilidad dependiendo de otros factores edáficos y características climáticas, i.e. diferencias en temperatura, asociadas con las épocas de siembras usadas en los experimentos. Todos los genotipos de Pv utilizados en más de uno de los experimentos reportados fueron afectados por el estrés de sequía en alguno de los estudios conducidos.

La variación en la tolerancia de los genotipos de Pv al estrés de sequía aparentemente no se relaciona con la precocidad desde que en ambos grupos, precoces y tardíos, se observaron tanto genotipos susceptibles como tolerantes.

Algunos genotipos de Pv se mostraron muy sensibles al estrés de sequía durante la fase final del llenado del grano. En general, las reducciones en rendimiento fueron mayores cuanto más temprano se impuso el estrés.

El genotipo A80-2 de Pa se comportó muy bien en el Experimento 1 donde fue incluido.

Debido a los escasos resultados favorables sobre tolerancia a sequía en Pv reportados en la literatura, y a los resultados tan variables observados en nuestros estudios, se recomienda, además de continuar la búsqueda de fuentes de tolerancia a sequía más estables en germoplasma de Pv, explotar con mayor énfasis la transferencia de genes que confieren tolerancia a la sequía en Pa hacia Pv, utilizando métodos como el de la retrocruza congruía sugerido por Haghghi y Ascher (1988). Resultados preliminares sugieren que algunos de estos híbridos Pv x Pa resultantes de la retrocruza congruía presentan excelente adaptación a condiciones de Honduras, a pesar de que el germoplasma de Pa utilizado en la obtención de estos híbridos fue bastante reducido (Rosas et al., 1990). La selección previa de progenitores de Pv y Pa por su mejor adaptación agronómica y resistencia a enfermedades bajo condiciones de Honduras, incrementaría las probabilidades de obtener híbridos Pv x Pa superiores a los reportados por dichos autores.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, M.W. 1984. Beans and cowpeas: Production Constraints and National Programs. Bean/Cowpea CRSP, Michigan State Univ., E. Lansing, Michigan, 67 p.
- FISHER, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 277-317.
- GUERRERO, J. y J.C. Rosas. 1988. Rendimiento de cuatro genotipos de frijol bajo diferentes condiciones de manejo del cultivo. pp 42-45. En: J.C. Rosas (ed.), Reporte Anual de Investigación, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.
- HAGHIGHI, K. and P.D. Ascher. 1988. Fertile-intermedia hybrids between *Phaseolus vulgaris* and *P. acutifolius* from congruity backcrossing. *Sex Plant Reprod.* 1:51-58.
- LAING, D.R., P.G. Jones and J.H.C. Davis. 1984. Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). pp 305-351. In: P.R. Goldsworthy and N.M. Fisher (eds.), *The Physiology of Tropical Food Crops*. J. Wiley and Sons Ltd., New York.
- ROSAS, J.C., D. Hernández y C. Mejía. 1988. Efecto del estrés de agua en la respuesta a la inoculación del frijol en Honduras. pp 1-2. En: J.C. Rosas (ed.), Reporte Anual de Investigación, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.
- ROSAS, J.C., P. D. Ascher, C.J. Rosen, R. Young and M. Hibberd. 1990. Agronomic performance of *Phaseolus vulgaris* x *P. acutifolius* hybrids under drought stress in Honduras. pp 33-34. In: Annual Report of the Bean Improv. Coop. Group, Vol. 33.
- SAMPER, C. y M.W. Adams. 1985a. Yield potential and drought susceptibility. pp 51-52. In: Annual Report of the Bean Improv. Coop. Group, Vol. 28.
- SAMPER, C. y M.W. Adams. 1985b. Geometric mean of stress and control yield as a selection criterion for drought tolerance. pp 53-54. In: Annual Report of the Bean Improv. Coop. Group, Vol. 28.

- THOMAS, C.V., R.M. Manshardt and J.G. Waines. 1983. Teparies as a source of useful traits for improving common beans. *Desert Plants* 5:43-48.
- UNANDER, D.W., R. Díaz-Donaire, J.S. Beaver, J. Cerna and D. Rueda. 1989. Yield stability of dry bean genotypes in Honduras. *J. Agric. Univ. Puerto Rico* 73(4):340-347.
- WHITE, J.W. y J. Izquierdo. 1989. Frijol: Fisiología del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe, Santiago, Chile, 91 p.
- ZULUAGA S., C.M. Elvir, C. Rodríguez y J.D. Erazo. 1987. Investigaciones sobre tolerancia a sequía en frijol en Honduras. pp 69-90. In: J.W. White, G. Hoogenboom, F. Ibarra and S.P. Singh (eds.), *Research on Drought Tolerance in Common Bean*. Documento de Trabajo No. 41, Bean Program, CIAT, Cali, Colombia.