SELECCION POR TOLERANCIA A SEQUIA EN FRIJOL, (Phaseolus vulgaris)

G. Hernández Bravo, R. Hidalgo y C. Burga +

INTRODUCCION

El problema que representa el fenómeno de la sequía en los cultivos agrícolas, y muy especialmente en el caso del frijol Phaseolus vulgaris en América Latina, ha sido expuesto en muchas ocasiones (6). La más reciente evidencia de sus efectos drásticos al nivel mundial, quedó manifestado después de los períodos críticos acontecidos en 1971 y 1972 (5).

Los esfuerzos de investigación para minimizar los daños del factor sequía, se han concentrado naturalmente sobre aquellas especies cultivadas; como maíz, trigo, sorgo, las cuales han sido objeto de estudios más intensivos. A modo de ejemplo se puede mencionar la tolerancia que fue encontrada en la variedad de trigo Pelissier; cuya eficiencia de tolerancia a sequía se estima que está muy relacionada con la conformación de su sistema radicular, el cual consta de una ó dos raíces primarias con raicecillas secundarias cerca de la porción apical (7).

Dentro de las especies leguminosas de grano comestible, se han identificado líneas con tolerancia a sequía en Phaseolus lunatus (2), así como en Phaseolus acutifolius (4). En el frijol común Phaseolus vulgaris, de la variedad comercial Turrialba-4, cultivada en Centroamérica, se ha estudiado por lo menos una línea por su potencial para tolerancia a sequía (1).

No existe duda acerca del gran beneficio que representaría el localizar fuentes genéticas de resistencia a sequía, dentro de la especie de frijol común; cuyo éxito de producción en América Latina depende en un alto porcentaje de la disponibilidad del agua de lluvia.

PROCESO DE SELECCION INICIAL

Sobre la hipótesis de que un sistema radicular en frijol, Phaseolus vulgaris, constituido primordialmente por una raíz primaria bien desarrollada, puede funcionar más eficientemente durante etapas críticas de baja disponibilidad de humedad en el suelo, se llevó a cabo una evaluación inicial por tolerancia a sequía en un grupo de introducciones previamente identificadas por la característica antes señalada.

+ Investigadores Asociado y Asistente del Programa de Fitomejoramiento de frijol en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia; y Fitomejorador del Departamento de Leguminosas de Grano en el Centro Regional de Investigación Agraria "La Molina" Perú.

Esta evaluación inicial se realizó en Palmira, Colombia, durante la estación seca 1973-1974 e incluyó un total de 500 introducciones de frijol, dentro de las cuales 457 formaban parte de un grupo caracterizado por tener raíz pivotante.

El estudio se hizo bajo condiciones de campo, en un terreno que fue solamente regado después de la siembra y posteriormente recibió durante el ciclo vegetativo un total acumulado de 296 milímetros de lluvia.

Datos tomados sobre períodos de floración, producción y componentes de rendimiento, en parcelas de 6 metros de largo, sirvieron de base para seleccionar los tipos de frijol con mejores características y que aparecen en el Cuadro 1. Tres plantas en cada parcela fueron extraídas del suelo para hacer observaciones sobre la conformación de la raíz; con base en lo anterior, quedaron establecidos cuatro grupos de sistema radicular como se muestra en el mismo Cuadro 1.

EFICIENCIA POR TOLERANCIA A SEQUIA

Un número de 20 líneas de frijol fueron seleccionadas, por su mejor respuesta a condiciones de sequía, para ser incluidas en un segundo estudio también bajo condiciones de campo. En este caso se aprovecharon las condiciones muy propicias de mínima precipitación pluvial, existentes en la localidad de "La Molina", Perú.

El estudio se estableció en el campo durante el mes de Abril, utilizando un diseño experimental de dos bloques completos al azar, cada uno con tres repeticiones. Dentro de una parcela con cuatro hileras de 5 metros de largo, la parcela útil estuvo formada por dos hileras de 3 metros, separados a 0,75 metros.

En uno de los bloques, "el húmedo", se controló la humedad del suelo entre 60 por ciento y 75 por ciento de capacidad de campo. Estas parcelas recibieron cuatro riegos en total; uno de pre-siembra y los otros tres, a los 22,65 y 85 días después de la siembra.

En el segundo bloque, "el seco", también se dio el riego de pre-siembra, dejando la humedad del suelo oscilar alrededor de 70 por ciento capacidad de campo. La humedad aprovechable de este bloque se dejó entonces disminuir hasta alcanzar un valor de 23 por ciento, lo cual ocurrió a los 65 días después de la siembra. En este período crítico de humedad de suelo, fue cuando las parcelas recibieron el único riego extra.

El agua de riego en cada parcela se controló con la ayuda de tubos flexibles de polietileno (3), y los volúmenes de agua necesarios se determinaron con base en los principios de riego de Israelsen-Hansen (8).

Los resultados sobre el rendimiento de las 20 líneas de frijol, en los bloques "húmedo" y "seco", se muestran en el Cuadro 2, junto con las fechas y períodos de floración respectivos. En las líneas 72 VUL 20.514 y 72 VUL 26.616

Cuadro 1. Selección inicial de líneas de frijol, *Phaseolus vulgaris*, bajo condiciones de campo, para ser incluidas en estudios de tolerancia a sequía. Palmira, Colombia, 1974

Identificación	Floración (días)		Sistema radicular	Producción total (gr.)	Producción por planta (gr.)	Promedio vainas/planta	Promedio racimos/planta	Promedio granos/vaina	Hábito de crecimiento a
	inicio	período							
73 VUL 349	40	19	Pivotante gruesa	480	20,6	20,3	12,3	5,8	III
72 VUL 25 260	38	17	Pivotante gruesa	578	20,8	15,6	11,6	5,1	II
72 VUL 26 155	44	18	Pivotante gruesa	387	22,4	17,0	14,2	6,3	II
72 VUL 26 604	40	12	Pivotante gruesa	376	26,8	23,3	18,5	5,9	II
73 VUL 3 043	39	14	Pivotante gruesa	282	19,2	15,0	10,3	5,5	II
73 VUL 2 277	40	15	Pivotante delgada	482	12,6	10,8	8,0	5,2	III
72 VUL 20 630	40	18	Pivotante delgada	514	12,7	8,0	7,0	4,9	III
72 VUL 26 616	43	13	Pivotante delgada	471	12,5	11,4	7,6	5,5	II
73 VUL 3 075	42	13	Pivotante delgada	528	17,7	11,8	7,8	6,7	I
73 VUL 3 146	--	--	Pivotante delgada	601	11,2	9,0	8,2	5,0	III
73 VUL 1 962	41	13	Rafces secundarias	351	5,4	7,4	7,4	3,7	IV
72 VUL 20 514	37	16	Rafces secundarias	485	10,9	8,6	5,8	5,1	II
72 VUL 25 212	43	15	Rafces secundarias	335	4,5	5,0	3,0	5,3	II
73 VUL 3 084	33	16	Rafces secundarias	246	12,1	13,0	10,5	3,9	III
73 VUL 562	--	--	Rafces secundarias	102	9,4	11,3	9,3	4,1	III
73 VUL 2 034	36	13	Fibroso	96	3,3	3,6	2,4	3,6	III
73 VUL 2 056	33	14	Fibroso	240	6,4	6,8	5,0	3,8	II
72 VUL 24 176	36	16	Fibroso	196	5,2	5,0	3,4	3,2	III
72 VUL 26 676	39	14	Fibroso	48	2,5	3,7	3,3	3,3	II
72 VUL 20 748	41	10	Fibroso	198	9,5	5,8	4,2	5,3	I

a I = Arbustivo o mata

II = Semi-gufa

III = Gufa larga (semi-trepador)

IV = Gufa larga (trepador)

así como en otras cuatro, se puede observar que las plantas soportaron bien el período de sequía inducido, y aún produjeron más que cuando el suelo tuvo mejor disponibilidad de humedad.

La línea 72 VUL 20.514, no obstante que fue una de las que respondieron con una diferenciación floral más temprana, mostró su eficiencia en forma posterior al haber mantenido un período de floración prolongado. Por otro lado, la línea 72 VUL 26.616 tal vez por su marcado vigor inicial, resistió a diferenciarse prematuramente (período de eficiencia) y posteriormente estuvo produciendo flores en un lapso de tiempo más cercano de lo normal (26,3 días).

Con base en las características de eficiencia señaladas para las dos líneas anteriores, la línea 73 VUL 3084 se ve bastante promisoría al reunir aparentemente ambas características; es decir, no se diferenció prematuramente y además tuvo el período de floración más prolongado (41,3 días).

CONFORMACION DE LA RAIZ

Las clases de sistema radicular que se establecieron con base en las observaciones del primer estudio (Cuadro 1), no pudieron conservarse. Se pudo confirmar nuevamente que la conformación de la raíz también en esta especie, es altamente modificada por las características físicas y estructurales del medio donde se desarrollan. No obstante ello, se pudo notar que todas las plantas en las líneas de frijol que fueron evaluadas en el segundo estudio (Cuadro 3), mostraron una raíz principal en diversos grados de desarrollo.

Lo anterior nos llevó a la conclusión de que el sistema radicular en P. vulgaris está primordialmente formado por una raíz primaria, de variable longitud y grosor.

En el Cuadro 3, pueden observarse las características radicales de las 20 líneas estudiadas en Perú; respecto a la longitud y a el grosor del cuello de la raíz primaria. Con respecto al desarrollo de la raíz, en el bloque con restricción de humedad, su longitud en promedio fue significativamente mayor que en el bloque húmedo.

Dentro de las siete líneas con raíz más larga en el bloque seco, de 15.4 centímetros a 17.7 centímetros, cinco de ellas mostraron un alto índice de eficiencia⁺ respecto a tolerancia a sequía, lo cual se manifestó al haber producido más en el bloque seco en comparación con el bloque húmedo (Cuadro 2). El análisis de correlación entre estos datos de rendimiento y los datos de longitud de raíz en el bloque seco señalaron un valor de 0,79, el cual fue altamente significativo. Una comparación similar para los datos del bloque húmedo, señaló también una correlación positiva, entre rendimiento y longitud de raíz, pero al nivel 0,05 de significancia.

+ Índice de eficiencia
Para tolerancia a sequía = $\frac{\text{Rendimiento en el bloque seco}}{\text{suma de rendimiento en los bloques húmedo y seco}}$

Cuadro 2. Rendimiento de 20 líneas de frijol, *Phaseolus vulgaris*, bajo condiciones apropiadas y restringidas de humedad de suelo, y datos correspondientes de floración. La Molina, Perú. 1974

Identificación	RENDIMIENTO (Ton/ha.)		FLORACION (Días)					
			Bloque Seco			Bloque húmedo		
	(a)	(b)	inicio	término	período	inicio	término	período
72 VUL 26 616	2,21	2,04	56,0	82,3	26,3	56,0	87,3	31,3
73 VUL 3 084	1,94	2,16	56,0	97,3	41,3	58,3	96,6	38,3
73 VUL 3 075	1,92	1,84	54,0	79,0	25,0	52,6	85,0	32,4
73 VUL 1 962	1,79	1,75	56,0	81,3	25,3	59,6	93,3	33,7
72 VUL 26 155	1,73	1,70	56,0	82,3	26,3	58,3	91,0	32,7
72 VUL 20 574	1,44	1,24	43,3	83,6	40,3	44,6	82,3	37,7
72 VUL 25 260	1,27	1,46	53,3	80,3	27,0	54,0	78,0	24,0
73 VUL 3 043	1,23	1,59	54,0	76,6	22,6	52,6	82,3	29,7
72 VUL 25 212	1,19	1,31	56,0	81,3	25,3	56,6	87,3	30,7
73 VUL 3 146	1,13	2,21	53,3	79,3	26,0	56,0	80,6	24,6
72 VUL 20 630	1,11	1,31	48,0	79,3	31,3	52,0	87,0	35,0
72 VUL 26 604	1,10	1,89	57,3	89,3	32,0	57,3	91,6	34,3
73 VUL 349	1,05	1,51	54,0	80,3	26,3	58,3	86,0	27,7
73 VUL 2 277	1,03	1,40	43,3	73,3	30,0	44,6	87,6	43,0
73 VUL 2 056	0,88	1,04	40,0	63,3	23,3	42,6	71,3	28,7
72 VUL 20 748	0,84	1,71	54,0	75,3	21,3	56,0	86,0	30,0
72 VUL 26 676	0,81	0,92	48,0	71,3	23,3	50,0	78,0	28,0
72 VUL 24 176	0,79	0,85	40,6	73,3	32,7	48,0	90,0	42,0
73 VUL 562	0,66	0,89	44,6	81,3	36,7	46,0	88,0	42,0
73 VUL 2 034	0,56	0,53	41,3	73,3	32,0	44,0	71,3	27,3
PROMEDIOS	1,23*	1,46*	50,4	79,1	28,7	52,3	85,0	32,6

(a) El "bloque seco", recibió un riego extra a los 65 días después de la siembra.

(b) El "bloque húmedo", recibió riegos extras a los 22, 65 y 85 días después de la siembra

Cuadro 3. Dimensiones de la raíz primaria en 20 líneas de frijol, *Phaseolus vulgaris*, bajo condiciones apropiadas y restringidas de humedad de suelo. La Molina, Perú. 1974.

Identificación	LONGITUD RAIZ (cm.)		GROSOR CUELLO RAIZ (mm.)	
	Bloque seco	Bloque húmedo	Bloque seco	Bloque húmedo
73 VUL 1 962	17,75	12,85	3,90	3,82
73 VUL 3 075	17,56	11,24	4,11	4,26
73 VUL 3 084	16,55	14,69	3,81	4,37
72 VUL 25 212	16,02	13,00	3,54	3,64
72 VUL 25 260	15,92	12,30	3,49	3,78
72 VUL 20 514	15,71	13,90	3,56	3,68
72 VUL 26 616	15,43	12,17	3,78	4,54
72 VUL 26 155	15,00	12,39	3,52	3,72
72 VUL 26,604	15,00	11,92	3,82	3,71
73 VUL 3 146	14,78	13,28	3,70	3,67
73 VUL 349	14,73	13,15	3,63	3,92
72 VUL 20 630	13,45	11,19	3,40	4,06
73 VUL 2 277	13,36	11,74	3,82	3,68
73 VUL 3 043	12,64	11,19	3,37	4,27
72 VUL 26 676	12,59	7,49	3,18	3,37
72 VUL 20 748	12,00	10,77	3,33	4,07
73 VUL 562	11,83	8,86	3,32	3,49
73 VUL 2 034	10,61	9,93	3,62	3,80
72 VUL 24 176	10,00	10,61	3,55	3,36
73 VUL 2 056	9,72	8,99	3,11	3,30
PROMEDIOS	14,02**	11,58**	3,57	3,82

DISCUSION GENERAL

El hecho que se haya observado alta correlación entre el factor "producción" y "longitud de raíz", bajo condiciones de sequía en el campo, no necesariamente quiere decir que un frijol con raíz larga tolera más los efectos de sequía. Otros factores morfológicos y fisiológicos indudablemente que están participando en el fenómeno. Sin embargo, pudo observarse en general que las líneas aparentemente más eficientes, si tenían una raíz primaria más larga, más gruesa y con un grupo de raicecillas secundarias bien conformadas.

Estudios más en detalle serán efectuados con las líneas de frijol promisorias.

RESUMEN

Un estudio de evaluación y selección en frijol, Phaseolus vulgaris, fue realizado bajo el objetivo principal de seleccionar líneas con tolerancia a sequía. Los resultados obtenidos en esta etapa de investigación señalan la existencia de una relación estrecha entre los factores de rendimiento y longitud de raíz. Sin embargo, no es conclusivo que una raíz larga en frijol, per se, sea indicativo de una alta eficiencia para tolerancia a sequía.

BIBLIOGRAFIA

1. ACTIVIDADES EN Turrialba. Características del frijol que determinan su productividad. Boletín del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Vol. 1, Nº 3 Turrialba, Costa Rica, 1973.
2. ANNUAL REPORT, New lima bean varieties bred to set pods in drought Illinois Agricultural Experiment Station. Annual Report. Urbana, Illinois, 1936
3. CHANG, L. Riego en Parcelas Experimentales con tubos flexibles de polietileno. Informe especial Nº 35. Ministerio de Agricultura Lima, Perú, 1972.
4. COYNE, D.P. AND FITZGERALD R. Diurnal changes in relative turgidity, transpiration rate and stomatal opening, in drought tolerant and susceptible bean. In Bean Improvement Cooperative. Annual Report Nº 9. University of Nebraska. Lincoln, Nebraska, 1966.
5. FLORES, E. La Gran sequía. "Revista Visión". Reportes Especiales. Junio. México, D.F., 1973
6. HERNANDEZ-BRAVO, G. Potentials and problems of production of dry beans in the lowland tropics. Seminar on potentials of field beans and other food legumes in Latin América. Series seminars Nº 2E. CIAT. Cali, Colombia, 1973.