

Ensayos

Líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequía. Evaluación de su comportamiento frente a condiciones de riego, sin riego y enfermedades.

Resumen

En las áreas de campo Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas ubicado en San José de las Lajas, en la provincia de La Habana, se sembraron 64 líneas avanzadas en F7 de frijol común, provenientes de cruces con padres donantes de genes para la tolerancia a sequía y enfermedades. Las líneas fueron sembradas de forma consecutiva, en parcelas de dos surcos de 4 m de largo con una distancia entre surcos de 0.70 m, en condiciones de sequía y riego. Se realizaron evaluaciones fenológicas e incidencia de las enfermedad Bacteriosis común (Xap) y Mustia hilachosa (Mh), en las etapas R6 y R8. El rendimiento nos permitió estimar índices como: - Porcentaje de Reducción del Rendimiento del rendimiento (PRR), - Índice de susceptibilidad de la sequía (ISS), - Media geométrica (MG), e - Índice de Eficiencia Relativa (IERi). En los resultados obtenidos sobresale un grupo de 10 variedades con los mejores rendimientos en gramos por parcelas y reacciones entre resistentes e intermedias para Xap y Mh, en condiciones de secano y de riego respectivamente, de 64 genotipos evaluados en total. Las líneas Sec 20, Sec 15 y Sec 36 se destacan con los mejores rendimientos para cada uno de los ambientes evaluados tanto para condiciones de riego como de sequía.

Abstract

In the areas of field National Institute of Agricultural Sciences located in San José de las Lajas, in the county of Havana, 64 advanced lines were sowed in F7 of common bean, coming from a cross with donating parents of genes for the tolerance to drought and illnesses. The lines were sowed in a serial way, in parcels of two furrows of 4 m of long with a distance among furrows of 0.70 m, in conditions of drought and watering. Fenological evaluations were carried out and incidence of the illness Common blights (Xap) and Web Blight (Mh), in the stages R6 and R8. The yield allowed to be considered indexes as: - Percentage of Reduction of the Yield of the yield (PRR), - Index of susceptibility of the drought (ISS), - Mediates geometric (MG), and - Index of Relative (IERi) Efficiency. In the obtained results a group of 10 varieties stands out with the best yields in grams for parcels and reactions among resistant and you intermediate for Xap and Mh, under unirrigated land conditions and of watering respectively, of 64 genotypes evaluated in total. The lines Sec 20, Sec 15 and Sec 36 stand out with the best yields for each one of the atmospheres evaluated as much for watering conditions as unirrigated land.

Résumé

C'est dans les zones de culture Institut National de Sciences Agricoles, situé à San José de las Lajas, dans la province de La Havanne, que 64 lignées avancées en F7 de fève commune ont été semées, lignes provenant de croisements de plantes mères détentrices de gènes de tolérance à la sécheresse et aux maladies. Les lignées ont été plantées de forme consécutive, en parcelles de deux sillons de 4 mètres de long espacés de 0,70 mètre, en condition de sécheresse et d'irrigation. On a réalisé des évaluations relatives à la phénologie et à l'incidence des maladies « Bacteriosis commune » (Xap) et « mustia hilachosa » (Mh), pendant les étapes R6 et R8. Le rendement nous a permis d'analyser des indices comme : le pourcentage de réduction du rendement (PRR), l'indice de sensibilité à la sécheresse (ISS), mesure géométrique (MG) et indice d'efficacité relative (IERi). Dans les résultats obtenus, un groupe de 10 variétés ressort avec les meilleurs rendements au gramme par parcelle et des réactions entre résistante et intermédiaire pour Xap et Mh, en conditions de terrain non-irrigué et d'irrigation, respectivement de 64 géotypes évalués au total. Les lignées Sec20, Sec15, et Sec36 se détachent avec les meilleurs rendements pour chacun des environnements évalués tant en condition d'irrigation, qu'en terrain sec.

* Odile Rodríguez

** Orlando Chaveco

* Rodobaldo Ortiz, Manuel Ponce, Humberto Ríos, Sandra Miranda, Oadasbel Días, Yennette Portelles, Rafael Torres y Liuvell Cedeño.

* INCA, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

** ETIAH, Estación Experimental de Investigaciones Agropecuarias de Holguín.

Palabras clave: Frijol común, resistencia genética, enfermedades, sequía

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es, entre las leguminosas de grano alimenticias, una de las especie más importantes para el consumo humano. Su producción abarca áreas agroecológicas diversas. Esta leguminosa se cultiva prácticamente en todo el mundo. América Latina es la zona de mayor producción y consumo, se estima que más del 45 % de la producción mundial total proviene de esta región (Voyses, 2000). En el Caribe es un alimento básico en la dieta de países como Cuba, Haití,

y la República Dominicana. En esta región se cultivan unas 212 mil hectáreas anuales (Beaver y Molina, 1996, Morales, 1997).

En la mayoría de las zonas productoras de frijol los rendimientos potenciales nunca son alcanzados, esto se debe a que esta leguminosa se cultiva principalmente en condiciones ambientales poco favorables, como son la escasa y errática precipitación pluvial durante la estación de crecimiento, baste decir que en América Latina el 60 % de los campos agrícolas sembrados con frijol común sufren de estrés hídrico o sequía en alguna etapa del desarrollo.

Obtener materiales de frijol tolerante a la sequía constituye una meta en muchas regiones del trópico, donde la escasez de agua limita la posible utilización de esa fuente de proteína, sin embargo no sólo es necesario identificar materiales que sean tolerantes a sequía sino también conocer los mecanismos que la determinan, para identificar la diversidad de condiciones que presenta la sequía en América Latina y el Caribe (White y Sponchiado, 1985).

Otro aspecto importante es la afectación provocada por la acción de factores bióticos; como las pudriciones radicales del frijol, las que no son causadas por un solo patógeno sino por un conjunto de ellos. Estos hongos presentes en el suelo donde sobreviven, al atacar al frijol generalmente tienen entre ellos una relación de sinergismo, es decir, los daños causados al frijol por la intervención de dos o más patógenos es mayor que la suma de los daños individuales por separado. Los más comunes que forman parte de este complejo son: *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *phaseoli* Kendrick y *Snideretretre* otros. Se destaca por su presencia en la región otro grupo de enfermedades fungosas las cuales pueden causar pérdidas significativas en el rendimiento entre ellas se incluyen: la antracnosis *Colletotrichum lindemutianum* (Sacc. & Magn.), la mancha angular *Phaeoisariopsis appendiculatus* (Sacc.) Ferraris, la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk) y la roya *Uromyces appendiculatus* (Pers.) (Corrales, 1985 a, b.). Su incidencia y daños causados al cultivo del frijol, dependen de la presencia de inóculo de los agentes patógenos,

en residuos de cosecha u hospederos alternos, o su introducción al campo al usarse semilla contaminada en la siembra, y las condiciones favorables de temperatura y humedad para su desarrollo (Rosas, 2003).

La Bacteriosis común del frijol causada por la bacteria (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* Xcp) (Smith) Dye y su variante *Fuscans* es considerada como una de las enfermedades más limitante del frijol a nivel mundial, donde se han reportado pérdidas de rendimiento entre 22 a 60%, Muñoz y Singh (1997), Corrales, (1985, b.). En Cuba constituye la segunda enfermedad de mayor importancia económica de este cultivo, siendo la primera la conocida como mosaico dorado (Rodríguez et al., 1999). Esta enfermedad bacteriana afecta las hojas, las vainas y se transmite por semilla, lo cual hace que su control sea más difícil (Zapata, 1996); además ocasiona grandes pérdidas al reducir la calidad de las semillas (Montoya et al., 1997).

Para identificar genotipos con resistencia múltiple a sequía y enfermedades, el mejoramiento genético se ha basado en métodos tradicionales, que requieren de la evaluación de un alto número de genotipos, para incrementar las probabilidades de seleccionar los que expresen un comportamiento superior. A pesar de sus limitaciones, esos métodos han sido útiles, lo que ha permitido desarrollar variedades con un comportamiento agronómico superior al de las variedades criollas más conocidas por los agricultores cubanos, Acosta, et, al (1996). Una mejor adaptación de los genotipos de frijol al déficit hídrico del suelo ayudará, a la estabilidad y a la ampliación de la producción en entornos propensos a la sequía, por lo que requerirá menos agua para el riego y, en consecuencia contribuirían a la conservación de este recurso natural, Rao (2000).

Objetivo

- Evaluar el comportamiento de genotipos de frijol frente a condiciones de sequía y riego.
- Evaluar el comportamiento de genotipos frijol según su reacción a enfermedades en condiciones de sequía y riego.

Materiales y Métodos

Localización del ensayo experimental.

El trabajo de evaluación se desarrolló en las áreas de campo Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas ubicado en San José de las Lajas, en la provincia de La Habana.

Siembra del experimento

Se utilizaron 88 materiales procedentes de un vivero de líneas avanzadas con resistencia a sequía, gracias a la colaboración de investigadores de la UDICA- Holguín, proveniente del Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia.

Estos materiales fueron sembrados de forma continua en parcelas de dos surcos de 4 metros y 70 cm. entre hileras, con una densidad de 15 semillas por metro lineal, y dos condiciones de humedad en el suelo: estrés de sequía y riego suplementario (según lo establecido por el instructivo técnico para el cultivo del frijol). Para medir el rendimiento en la cosecha se tomo la totalidad de parcela, este dato aparecerá en gramos / parcela de cada genotipo cosechado.

En ambos tratamientos, seco y con riego; se estudiaron algunos índices relacionados con el rendimiento como son: el índice de intensidad de la sequía (IIS), el índice de susceptibilidad de sequía (ISSi), el porcentaje de reducción del rendimiento (RR), la media geométrica (MG) y el índice de eficiencia relativa para cada genotipo (IERi). Se realizaron los paquetes estadísticos MSTAT-C versión 2.10 y SSPS ® versión 1.

Manejo del cultivo

- La siembra se llevó a cabo el día 2 del mes de noviembre del 2005 después de riego de presiembra, siendo cosechado entre los 73 y 86 días.
- En el periodo de crecimiento y desarrollo del cultivo se efectuaron sólo 2 fumigaciones químicas con el objetivo de controlar algunas plagas presentes en el área, (Programa de Defensa frijol. LPSV 2001).
- Se realizaron 3 limpiezas manuales y 2 cultivos con bueyes.
- Fueron efectuadas 2 fumigaciones con urea foliar y 1 fertilización química antes de la floración.
- En el tratamiento con riego se aplicaron 6 riegos, teniendo en cuenta los requerimientos hídricos del

cultivo, según las etapas fenológicas de desarrollo del cultivo (Cuba, 2000).

Variables Evaluadas

- Climáticas

Se registró el promedio mensual de la Humedad relativa, la Temperatura y las Precipitación (de esta última se realizó un registro diario) de los meses entre noviembre de 2005 a enero del 2006 (Gráfico 1).

- Fenología y Rendimiento.

Se consideró las que recomienda el Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol (Van Shoonhoven y Pastor – Corrales (1991).

- a) Días a la floración: Número de días desde la siembra efectiva hasta que el 50 % de las plantas tengan la primera flor abierta.
- b) Días a la madurez de cosecha: Días que transcurren desde la siembra hasta que el 90% de las vainas hayan cambiado a color cartucho.
- c) Rendimiento y sus componentes.
 - Peso de 100 semillas en gramos.
 - Peso de la parcela

• Evaluación de la incidencia de enfermedades. Para la evaluación de la incidencia de enfermedades en follaje y vainas: Bacteriosis común y Mustia hilachosa, se realizaron evaluaciones en las etapas de floración (R6), en vainas se realizó en la etapa de llenado de vaina (R8), según lo establecido por el Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol (Van Shoonhoven y Pastor – Corrales (1991)).

Escalas para la evaluación de la incidencia de enfermedades foliares

1	Resistentes	Síntomas no visibles o muy leves.	Germoplasma útil como progenitores variedades comerciales.
2			
3			
4	Intermedios	Síntomas visibles y conspicuos que ocasionan un daño económico limitado.	Germoplasma utilizable como variedad comercial o como fuente de resistencia a ciertas enfermedades.
5			
6			
7	Susceptibles	Síntomas severos o muy severos que causan pérdidas considerables en rendimiento o la muerte de la planta.	En la mayoría de los casos es germoplasma no útil, ni aún como variedad comercial.
8			
9			

FUENTE: VAN SHOONHOVEN Y PASTOR – CORRALES (1991).

Resultados y Discusión

Variables climáticas.

Durante el ciclo del cultivo, los valores registrados de temperatura oscilaron entre 20.5 y 23°C, (Tabla 1), favorables para el buen desarrollo del ensayo si se considera que el cultivo del frijol crece bien entre temperaturas promedios de 15 a 27°C (White 1985) con rangos óptimos de temperaturas medias entre 24 a 25°C (Socorro y Martín, 1989). Teniendo en cuenta los valores de precipitación promedio para estos meses (Tabla 2) podemos observar que estos tuvieron valores de 10,1mm (noviembre), 4,1mm (diciembre) y 6,3 mm (enero), muy bajos, de forma general, esto influyó grandemente en el desarrollo del cultivo, etapas de desarrollo desde V3- V4 hasta el llenado de las vainas R8, etapas de gran importancia para este cultivo sobre todo para lograr rendimientos satisfactorios.

El cultivo estuvo afectado además por la sequía durante el periodo donde se enmarca la etapa de prefloración (R5) y floración (R6), momentos muy importantes de los cuales depende el rendimiento del cultivo. Lo anterior ocasionó el aborto de flores, afectación del llenado de las vainas y disminución del peso del grano, lo cual afectó grandemente los rendimientos finales por material. Estudios realizados por diferentes autores (Rosales, 1999; Terán y Singh (2002) han demostrado que cuando los periodos de sequía inciden principalmente

durante la etapa reproductiva, es común observar importante disminución de rendimiento o incluso la pérdida total de la producción.

Evaluación fenológica.

Floración: Al evaluar los días a floración (Tabla 3) en el tratamiento con riego podemos observar que la mayoría de los materiales tuvieron su primera flor abierta entre los 30 y 34 días, incluyendo al testigo BAT 304.

En condiciones de sequía todos los materiales adelantaron su floración, mas menos dos días. En ambas condiciones se destaca la línea Sen 20 como la más precoz con 24 días a la floración y Sen 30, Sen 36 y Sen 37 como las más tardías con 35 días a la floración.

Investigadores como Rosales et al. (2000), han reportado que no existe una variación notable en el número de días cuando las condiciones de estrés no son tan severas en las etapas de prefloración y floración; sin embargo a medidas que se incrementan las condiciones de sequía existe un adelanto proporcional en la floración de las líneas sometidas a esta condición, lo que puede estar relacionado con la capacidad de algunos genotipos para modificar el inicio de la floración en respuesta a la disponibilidad de humedad, ésto por supuesto les permite reducir el efecto negativo de la sequía en el momento de la floración.

Temperaturas			Humedad relativa		
Nov. 2005	Dic. 2005	En. 2005	Nov. 2005	Dic. 2005	En. 2005
23.0	20.6	20.5	84	82	79

TABLA 1. PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA.

Noviembre 2005		Diciembre 2005		Enero 2006	
Día del mes	Precipitación	Día del mes	Precipitación	Día del mes	Precipitación
1	7.1	11	0.2	6	5.0
13	0.2	21	0.2	11	- 0.1
20	0.2	25	3.7	14	0.1
21	1.8	-	-	17	0.4
23	0.1	-	-	18	0.8
27	0.1	-	-	-	-
Promedio	10.1	Promedio	4.1	Promedio	6.3

TABLA 2. PROMEDIO MENSUAL DE PRECIPITACIONES DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE NOVIEMBRE Y ENERO.

Líneas	Días Floración		Días Cosecha		P. Parcela (gr)		P. 100 granos (gr)	
	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego
Sec 1	32	32	76	83	337	228	24	24
Sec 2	32	32	76	83	266	184	23	23
Sec 3	34	32	86	83	332	331	31	29
Sec 4	34	32	86	83	370	183	32	26
Sec 5	34	32	76	76	298	205	25	23
Sec 6	35	32	76	76	235	199	27	27
Sec 7	32	32	86	76	243	202	26	26
Sec 8	32	32	86	83	375	202	28	28
Sec 9	32	30	86	73	465	306	25	25
Sec 10	30	30	86	76	433	303	26	26
Sec 11	30	30	86	76	437	398	28	26
Sec 12	30	30	86	76	368	199	27	25
Sec 13	30	28	86	83	396	283	26	26
Sec 14	32	30	86	83	280	276	27	31
Sec 15	30	30	86	83	517	392	28	26
Sec 16	32	28	86	83	325	144	25	25
Sec 17	32	32	86	76	310	144	24	24
Sec 18	32	30	86	83	341	209	23	23
Sec 19	32	30	86	83	358	284	29	27
Sec 20	32	34	86	83	555	428	29	26
Sec 22	30	28	76	73	326	243	27	26
Sec 23	30	28	76	73	401	134	27	26
Sec 24	30	30	76	83	283	222	25	26
Sec 25	30	30	73	73	270	147	26	27
Sec 26	32	30	73	73	285	103	27	27
Sec 27	32	32	86	83	294	236	28	30
Sec 28	32	32	86	83	304	303	27	26
Sec 29	32	32	86	76	242	174	26	25
Sec 30	35	34	86	83	362	206	21	22
Sec 31	34	34	86	83	250	248	22	21
Sec 32	30	28	73	73	253	206	26	25
Sec 33	30	28	73	73	284	154	27	27
Sec 34	34	34	86	83	418	298	23	23
Sec 35	35	35	86	83	255	224	24	23
Sec 36	35	35	86	83	435	387	24	24
Sec 37	35	35	86	83	293	242	23	22
Sec 38	34	34	86	83	377	363	27	25
Sec 39	32	32	86	83	434	70	29	30
Sec 40	30	30	76	73	343	167	26	23
Sen 3	30	30	85	83	427	151	25	23
Sen 4	32	24	85	73	329	296	24	26
Sen 5	34	24	85	83	566	396	20	22
Sen 6	30	27	76	76	295	262	23	23
Sen 7	32	28	76	73	315	129	20	20
Sen 8	32	32	76	76	268	123	20	21
Sen 9	32	30	73	73	248	209	20	21
Sen 10	32	30	73	73	202	194	21	22
Sen 11	32	32	85	83	389	252	25	25
Sen 12	32	32	85	83	451	446	27	26
Sen 13	32	24	86	83	387	306	24	24
Sen 14	34	32	85	76	451	366	27	26
Sen 15	32	27	76	76	336	250	23	22
Sen 16	30	28	76	76	319	197	23	24
Sen 17	30	30	76	76	298	258	30	28
Sen 18	30	30	76	76	319	314	28	29
Sen 19	34	32	85	83	394	366	23	25
Sen 20	24	24	73	73	188	89	21	20
Sen 22	30	24	85	76	222	212	22	22
Sen 23	30	24	85	73	486	348	25	23
Sen 24	30	24	85	73	329	261	25	23
Sen 25	30	28	85	83	348	261	24	24
Sen 26	32	30	73	73	395	283	22	25
Sen 27	32	32	85	83	373	372	22	22
BAT 304	32	30	80	71	505	335	24	23

TABLA 3. EVALUACIÓN DE LOS DÍAS A FLORACIÓN, DÍAS A MADUREZ DE COSECHA Y ALGUNOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO, DE LAS LÍNEAS AVANZADAS DE FRIJOL COMÚN CON TOLERANCIA A SEQUÍA.

Madurez de cosecha: los días a madurez de la cosecha en el tratamiento con riego oscilan entre 76 y 86 días después de la siembra, el testigo BAT 304 inició su madurez a la cosecha a los 80 días (Tabla 3).

En condiciones de secano este parámetro fonológico oscilo entre 76 y 86 días para la mayoría de las líneas evaluadas, es importante destacar que las precipitaciones en los primeros 44 días después de la siembra no fueron muy significativas, esto pudo haber provocado el adelanto en la madurez de la cosecha de todos los materiales de forma general.

Rendimiento obtenido por las líneas en condiciones de riego y de estrés de sequía.

Entre los genotipos evaluados por sus valores de rendimiento, en condiciones de riego y secano sobresalieron nuevamente las líneas Sen 5, Sen 20, Sec 15, con los mayores rendimientos, éstos responden a que su adaptación a las condiciones de estrés hídrico fue muy buena (Tabla 3). En el caso del testigo BAT 304, su precocidad le permitió pasar al estado de floración antes que la limitación de agua fuera extrema.

En las condiciones de sequía el peso seco de 100 semillas de las líneas estudiadas, oscilaron de 21 y 29 gramos. En las condiciones de riego los valores de peso 100 semillas oscilaron entre 21 a 32 gramos (Tabla 3), al

observar estos resultados notamos un ligero incremento del peso de los granos al comparar los valores obtenidos por los materiales estudiados. Terán y Singh (2002), observaron un comportamiento similar en genotipos de frijol, en condiciones de estrés hídrico, donde los valores de peso de 100 semillas se redujeron entre un 7 y 19 %.

Evaluación de las líneas tolerantes a sequía frente a la incidencia natural de Bacteriosis común (Xap) y Mustia hilachosa (Mh) en campo.

En la Tabla 4, se presentan las mejores líneas de las 64 evaluadas. Según su comportamiento frente a la incidencia natural de las enfermedades presentes en el campo: Bacteriosis común (Xap) y Mustia hilachosa (Mh). Por la reacción frente a Xap los valores oscilaron entre 3 y 5 grados, siendo esta una reacción que ubica a los materiales entre los rangos resistentes e intermedios, sin embargo se destacan como las mejores las líneas Sec 35 y Sec 36, tanto en condiciones de riego como de secano. Para las evaluaciones realizadas por su reacción frente a la Mustia hilachosa, se destacan genotipos como Sec 9, Sec 22 y Sen 25, con grados de reacción de 4, tanto en condiciones de riego como de secano, el resto de los materiales presentaron reacción entre 4 y 6 grados para una reacción intermedia. El testigo BAT 304 mantuvo un comportamiento intermedio con 6 grados

Líneas	Color grano	Incidencia natural a Xap		Incidencia natural a Mh	
		Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego
Sec 3	R. oscuro	3	4	3	5
Sec 4	R. oscuro	4	3	4	5
Sec 9	R. oscuro	4	5	4	4
Sec 19	R. oscuro	4	5	4	5
Sec 20	R. oscuro	5	5	5	5
Sec 22	R. oscuro	4	4	4	4
Sec 24	R. oscuro	4	4	4	5
Sec 30	R. oscuro	4	3	4	3
Sec 34	R. oscuro	4	3	4	3
Sec 35	R. oscuro	3	3	3	3
Sec 36	R. oscuro	3	3	3	3
Sec 37	R. oscuro	4	4	4	4
Sec 38	Negro	4	5	4	5
Sen 25	Negro	5	4	4	4
BAT 304	Negro	6	6	6	6

TABLA 4: COMPORTAMIENTO DE LAS MEJORES LÍNEAS FRENTE A LA INCIDENCIA NATURAL DE BACTERIOSIS COMÚN Y MUSTIA HILACHOSA. XAP: BACTERIOSIS COMÚN. MH: MUSTIA HILACHOSA

Línea	DR (%).	MG	IIS	IER
Sec 1	32,344214	277,19	0,38	0,45
Sec 2	30,827068	221,23	0,36	0,29
Sec 3	0,3012048	331,50	0,00	0,65
Sec 4	50,540541	260,21	0,59	0,40
Sec 5	31,208054	247,16	0,37	0,36
Sec 6	15,319149	216,25	0,18	0,28
Sec 7	16,872428	221,55	0,20	0,29
Sec 8	46,133333	275,23	0,54	0,45
Sec 9	34,193548	377,21	0,40	0,84
Sec 10	30,023095	362,21	0,35	0,78
Sec 11	8,9244851	417,04	0,10	1,03
Sec 12	45,923913	270,61	0,54	0,43
Sec 13	28,535354	334,77	0,34	0,66
Sec 14	1,4285714	277,99	0,02	0,46
Sec 15	24,17795	450,18	0,28	1,20
Sec 16	55,692308	216,33	0,66	0,28
Sec 17	53,548387	211,28	0,63	0,26
Sec 18	38,709677	266,96	0,46	0,42
Sec 19	20,670391	318,86	0,24	0,60
Sec 20	22,882883	487,38	0,27	1,40
Sec 22	25,460123	281,46	0,30	0,47
Sec 23	66,583541	231,81	0,78	0,32
Sec 24	21,55477	250,65	0,25	0,37
Sec 25	45,555556	199,22	0,54	0,23
Sec 26	63,859649	171,33	0,75	0,17
Sec 27	19,727891	263,41	0,23	0,41
Sec 28	0,3289474	303,50	0,00	0,54
Sec 29	28,099174	205,20	0,33	0,25
Sec 30	43,093923	273,08	0,51	0,44
Sec 31	0,8	249,00	0,01	0,37
Sec 32	18,577075	228,29	0,22	0,31
Sec 33	45,774648	209,13	0,54	0,26
Sec 34	28,708134	352,94	0,34	0,74
Sec 35	12,156863	239,00	0,14	0,34
Sec 36	11,034483	410,30	0,13	0,99
Sec 37	17,406143	266,28	0,20	0,42
Sec 38	3,7135279	369,93	0,04	0,81
Sec 39	83,870968	174,30	0,99	0,18
Sec 40	51,311953	239,33	0,60	0,34
Sen 3	64,637002	253,92	0,76	0,38
Sen 4	10,030395	312,06	0,12	0,58
Sen 5	35,335689	455,14	0,42	1,22
Sen 6	11,186441	278,01	0,13	0,46
Sen 7	59,047619	201,58	0,69	0,24
Sen 8	54,104478	181,56	0,64	0,19
Sen 9	15,725806	227,67	0,19	0,31
Sen 10	3,960396	197,96	0,05	0,23
Sen 11	35,218509	313,09	0,41	0,58
Sen 12	1,1086475	448,49	0,01	1,19
Sen 13	20,930233	344,12	0,25	0,70
Sen 14	18,847007	406,28	0,22	0,98
Sen 15	25,595238	289,83	0,30	0,50
Sen 16	38,244514	250,69	0,45	0,37
Sen 17	13,422819	277,28	0,16	0,45
Sen 18	1,5673981	316,49	0,02	0,59
Sen 19	7,106599	379,74	0,08	0,85
Sen 20	52,659574	129,35	0,62	0,10
Sen 22	4,5045045	216,94	0,05	0,28
Sen 23	28,395062	411,25	0,33	1,00
Sen 24	20,668693	293,03	0,24	0,51
Sen 25	25	301,38	0,29	0,54
Sen 26	28,35443	334,34	0,33	0,66
Sen 27	0,2680965	372,50	0,00	0,82

TABLA 5. PRINCIPALES ÍNDICES QUE INVOLUCRAN LOS RENDIMIENTOS DE LAS LÍNEAS ESTUDIADAS.

IIS: ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDAD DE SEQUÍA

IER: ÍNDICE DE EFICIENCIA RELATIVA

MG: MEDIA GEOMÉTRICA

DR: DEPRESIÓN DEL RENDIMIENTO

de reacción tanto en condiciones de secano y riego para ambas enfermedades.

Es importante resaltar el comportamiento de las líneas Sec 36 y Sec 37 frente a ambos patógenos en los dos ambientes en estudio, su reacción de resistencia nos permite contar con dos genotipos resistentes, aspecto importante a tener en cuenta dentro del programa de mejora, así como en la introducción de esta diversidad en diferentes localidades donde puedan presentarse estas condiciones ambientales.

Índices que involucran el rendimiento y determinan la selección de la línea con tolerancia a la sequía.

Índice de Susceptibilidad de la sequía.

En la evaluación realizada a las 64 líneas estudiadas, se observaron valores muy bajos de Índice de susceptibilidad de sequía (ISS) (Tabla 5), estos valores oscilaron entre 0,00 y 0,09 todos por debajo de unidad. Este índice como bien afirma, Rosales (2000), puede ser considerado como un criterio aceptable para discriminar genotipos, y valorar la productividad de éstos, bajo condiciones de estrés hídrico. Pero se deben tener en cuenta, otras características, ya que puede darse el caso de que las líneas con mayor tolerancia a la sequía (menor ISS), no necesariamente sean las más productoras en condiciones de secano, pero si las que menos reducen su rendimiento al pasar de la condición de riego a la de sequía, Rosales (2000). En este caso se encuentran las líneas Sec 28, Sec 31, Sen 12, Sen 18 y Sen 27, con valores de ISS entre 0 y 0,02. Atendiendo a los resultados anteriores se hace necesaria la combinación de criterios en el momento de realizar la selección de las mejores líneas según su comportamiento, por lo que se deben seleccionar líneas que superan la media general de rendimiento en ambas condiciones, tanto en sequía como en condiciones de humedad, y que cuenten con valores de IIS inferiores al promedio. Basado en estos criterios, fueron seleccionadas las líneas Sec 11, Sec 15, Sec 20, Sen 12 y Sen 14, con buena adaptación a las condiciones de sequía y con capacidad de respuesta para rendimiento de grano en condiciones favorables de humedad.

Media Geométrica de rendimiento (MG)

Las líneas que presentaron valores superiores de MG (Tabla 5), coincidieron con las seleccionadas para ISS, esto sugiere que la combinación de estos dos criterios permite una clasificación aceptable, así como una selección de líneas con mayor adaptación a condiciones poco favorables de humedad. Las líneas Sec 11, Sec 15, Sec 20, Sec 36, Sen 5, Sen 12, Sen 14 estuvieron entre las más destacadas para este índice.

Índice de Eficiencia Relativa para cada genotipo (IERi)

En este indicador los mayores valores fueron atribuidos a los genotipos Sec 11, Sec 15, Sec 20, Sen 5 y Sen 12, con valores superiores a la unidad. Es muy importante destacar que para este índice todas las líneas con valores altos de IERi (Tabla 5), presentaron también los más altos de Media Geométrica, esto nos confirma que la utilización de cualquiera de estos dos indicadores, proporcionan los mismos resultados en el momento de la selección de las líneas más adaptadas al estrés hídrico.

Disminución del Rendimiento (DR).

Al observar los valores de disminución de rendimiento de cada una de las líneas estudiadas (Tabla 5), se puede apreciar, que existe también, una similitud con las líneas seleccionadas por los valores de ISS. Al relacionar estos indicadores, observamos que ambos se basan en la reducción del rendimiento.

Las líneas seleccionadas por su adaptación a estas condiciones y por su comportamiento fueron: Sec 3, Sec 28, Sec 31, Sec 36, Sec 38, Sen 12, Sen 18, Sen 19, Sen 27. La selección para bajos niveles de ISS y disminución del rendimiento mostraron alta especificidad, en el momento de identificar los genotipos más tolerantes a la sequía, Sin embargo debemos tener en cuenta que, al utilizar solamente este índice como criterio de selección se puede descuidar el potencial de respuesta de las líneas bajo condiciones favorables de humedad.

Resultados similares fueron reportados por Rosales et al. (2001) en ensayos de poblaciones con líneas recombinantes provenientes del cruzamiento entre la variedad Pinto Sierra y las poblaciones LEF-2RB y AC1028. Estudios

realizados por Chaveco, 2003, sugieren el empleo combinado de por lo menos un índice de cada grupo; es decir, uno relacionado con la disminución del rendimiento, y el otro relacionado con la productividad entre las dos condiciones de humedad, para así combinar el alto potencial de rendimiento con la tolerancia a la sequía, debido a que cada grupo de índices evalúan fenómenos biológicos distintos, tolerancia frente a la adaptación y la productividad.

Teniendo en cuenta todos los índices que involucran el rendimiento en las dos condiciones de humedad, podemos identificar de forma integral aquellas líneas con un comportamiento favorable para cada uno de estos indicadores estimados y así poder seleccionar los genotipos por su adaptación y tolerancia a condiciones de estrés hídrico.

Conclusiones

1. Se observó un adelanto en los días a floración y madurez de cosecha en todos los genotipos estudiados, al analizar el comportamiento de éstas en las condiciones de secano y de riego.
2. Sobresalen las líneas Sen 5, Sen 20 y Sec 15 con los mayores rendimientos por parcelas para ambas condiciones, secano y riego.
3. Se desatacan por su reacción de resistencia a Bacteriosis común y Mustia hilachosa, las líneas Sec 36 y Sec 37.
4. Las líneas, Sec 11, Sec 15, Sec 20, Sen 12 y Sen 14, fueron las de mejor comportamiento, al analizar los Índices de Susceptibilidad, Media Geométrica y Eficiencia Relativa.
5. Las líneas Sec 3, Sec 28, Sec 31, Sec 36, Sec 38, Sen 12, Sen 18, Sen 19 y Sen 27, fueron las que menos redujeron sus rendimientos al comparar los valores obtenidos, en condiciones de riego y estrés hídrico. 

Bibliografía

- Acosta, J. A., Murauga, J., Cárdenas, F. & Khairallah, M. 1996 Estrategias para la utilización de germoplasma de *Phaseolus* en el mejoramiento genético. *Ciencia*.47: 149-160.
- Acosta, J. A., Rosales, R. & White J.

- 1996 Logros, problemas y posibilidades del mejoramiento genético del frijol mesoamericano en las ecoregiones semiáridas de América Latina. En S. P. Singh & O. Voysesst, (Eds.), Taller de mejoramiento de frijol para el Siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina. (pp. 57-73) CIAT, Cali, Colombia.

Beaver, S. & Molina A.

- 1996 Mejoramiento del frijol para el Caribe. En S. P. Singh & O. Voysesst (Eds.) Taller de mejoramiento de frijol para el Siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina. (pp. 353-376). CIAT, Cali, Colombia.

Chaveco, O., Viana, A., Permuy, N., Chailloux, M., García, E., Miranda, E., Ojeda, R. & Faure, B.

- 2001 Estudio de adopción en variedades de frijol en el municipio de Gibara. En informe Técnico Anual (2000)-(2001) (Programa Cooperativo Regional de Frijol para Centro América México y el Caribe). Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Comité Estatal de Estadísticas. (CEE)

- 1989 Anuario Estadístico de Cuba.

Corrales, P.

- 1985a Enfermedades del frijol causadas por bacterias. En M. López, F. Fernández y A. Schoonhoven. (Eds. y Comp.), Frijol: Investigación y Producción. (pp.207-215). Centro Intencional de Agricultura Tropical. Cali, Valle, Colombia.

Corrales, P.

- 1985a Enfermedades del frijol causadas por bacterias. En M. López, F. Fernández y A. Schoonhoven. (Eds. y Comp.), Frijol: Investigación y Producción. (pp.207-215). Centro Intencional de Agricultura Tropical. Cali, Valle, Colombia.

Corrales, P.

- 1985b Enfermedades del frijol causadas por hongos. En M. López, F. Fernández y A. Schoonhoven. (Eds. y Comp.), Frijol: Investigación y Producción. (pp.169-206). Centro Intencional de Agricultura Tropical. Cali, Valle, Colombia.

Cuba. Ministerio de la Agricultura.

- 2000 Guía Técnica para el cultivo del frijol en Cuba. Órgano de comunicación del Instituto de Investigaciones del Arroz para el proyecto Cu/98/003/L 03.

- Montoya C. A.; J. S. Beaver y P. N. Miklas
1998 Evaluación del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por su reacción en las vainas a la bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*). *Fitopatología Colombiana* 21(1): 18-24.
- Morales, F.
1997 Mejoramiento genético del frijol común por resistencia a las principales enfermedades virales en la América Latina. En S. P. Singh & O. Voysest, (Eds.), *Taller de mejoramiento de frijol para el Siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina*. (pp.99-117) CIAT, Cali, Colombia.
- Muñoz, G. & Singh, S.
1997 Estudio comparativos de fuentes de resistencia para Bacteriosis común disponibles en diferentes especies de *Phaseolus* y progreso genético a través de cruzamientos ínter específicos y piramidación de genes. En S. P. Singh & O. Voysest, (Eds.), *Taller de mejoramiento de frijol para el Siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina*. (pp.118-129) CIAT, Cali, Colombia.
- Rao, I.
2000 Limitaciones edáficas y climáticas para la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. (pp. 95-106). *Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Comité regional del Valle del Cauca*. Cali, Colombia.
- Rodríguez, M, O; B. Faure; R, Benítez; M., R. Carballo
1999 Avances en el estudio de la bacteriosis común del frijol. *Revista Agronomía Mesoamericana*. 10 (1) p. 55-58.
- Rosales, R., Ramírez P, Acosta J. A., Castillo F. & Nelly D.
2000 *Agro ciencia* 34: 153-165.
- Rosas, J. C.
2003 Recomendaciones para el manejo agronómico del cultivo del frijol. Programa de Investigación en frijol, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Imprenta LitoCom, Tegucigalpa, Honduras.
- Socorro, M. A., Martín, D. S.
1989 Frijol . En M. A Socorro, D. S. Martín. (Eds.). *Granos*. (pp.1-53). Editorial Pueblo y Educación, La Habana. Cuba.
- Terán, H. & Singh, S. P.
2002 Comparisons of Sources and lines selected for drought resistances in common bean. *Crop Sci*. 42:64-70.
- Van Schoonhoven, A. y M, A. Pastor - Corrales.
1991 Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol. p. 20-46.
- Voysest, O.
2000 Mejoramiento Genético del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de Variedades de América Latina 1930- (1999)/ Osvaldo Voysest Voysest. Cali, Valle, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- White, J. & Sponchiado, N.
1985 Tolerancia del frijol a la sequía. Interrogantes y algunas respuestas. *Hojas de Frijol*. Volumen 7, no. 1.
- Zapata, M.
1996 Pathogenic variability of *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*. *BIC*. 39:136-137.