

Nota Técnica

**ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD DE CULTIVARES DE FRIJOL
(*Phaseolus vulgaris* L.) EN CENTRO AMERICA¹**

Rodrigo Alfaro *
Gilberto Murillo **

ABSTRACT

Adaptability and stability of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Central America. A study was carried out with nine black and six red common bean varieties during 21 and 14 planting seasons and in nine and seven Central American localities, respectively. Yields of black and red common beans of the VICAR 81 assay were used (VICAR assays are annually distributed by CIAT in Central America). Variance analysis were made separately for each of the assays and a combined analysis was made for grain, color and locality. Then, adaptability and stability analysis were made by means of two methods: Eberhart-Russell and Plaisted-Peterson. Finally, a correlation analysis was run for the stability parameters collected by both methods mentioned. Only two varieties, black 'Tamazulapa' and red 'Acacias 4', showed both high adaptability and high stability. There was a high positive correlation, at 1% probability, between stability values collected through both methods.

INTRODUCCION

Los productores de frijol se interesan no sólo en las variedades que dan buenos rendimientos, sino que prefieren aquellas que mantienen ese buen comportamiento a través del tiempo.

La adaptabilidad general y la estabilidad de las variedades son condiciones importantes a tener en cuenta por los programas que fomentan la producción de frijoles. Sin embargo, con frecuencia estos dos términos son confundidos. Coffman *et al.* (1976) los diferenciaron claramente cuando definieron la adaptabilidad general como la característica que posee un genotipo de producir en forma

consistente buenos rendimientos en diferentes localidades, y la estabilidad, como la característica del genotipo que le permite producir buenas cosechas a través del tiempo en una misma localidad.

La identificación de estas características en los cultivares se puede hacer por métodos matemáticos con base en los resultados de producción obtenidos en diferentes localidades. Finlay y Wilkinson (1963), utilizaron un análisis lineal con aplicación de escala logarítmica para describir la adaptabilidad de 277 variedades de cebada en experimentos repetidos. El rendimiento medio de todos los cultivares en cada localidad y época de siembra proporcionó una clasificación cuantitativa del medio ambiente. De igual manera, usando el rendimiento medio y el coeficiente de regresión de cada variedad, el análisis permitió identificar cultivares específicamente adaptados a ambientes buenos y pobres, así como también materiales que exhibieron adaptación general.

1/ Recibido para publicación el 28 de abril de 1988.

* Dirección de Investigación y Extensión Agrícola, Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

** Subdirección de Investigaciones Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

Eberhart y Russell (1966) utilizaron el modelo $Y_{ij} = \mu_i + bI_i + \delta_i$ para definir los parámetros de estabilidad usados para describir el tipo de adaptación de una variedad. Los autores le agregaron a la propuesta de Finlay y Wilkinson el concepto de índice ambiental I_i y el concepto de s^2d_i (desviación del promedio de producción). Para ellos una variedad es estable si $b = 1$ y $s^2d_i = 0$, y la variedad puede seleccionarse si $Y_{ij} > \mu_i$.

Por su lado, Plaisted y Peterson (1959) estudiaron el comportamiento de la varianza genotipo x ambiente en papa como indicador de la estabilidad de un genotipo. Ellos sugirieron hacer tantos análisis de varianza combinados como cultivares hubiera, omitiendo en cada uno una variedad. La estabilidad del genotipo omitido está asociada a la magnitud de su contribución al componente de la interacción genotipo x ambiente; así, el material que al ser omitido del análisis combinado disminuye en menor cantidad el componente de la citada interacción, será el más estable.

Los objetivos de este trabajo fueron:

- a) determinar el grado de adaptabilidad y de estabilidad de los cultivares de frijol del VICAR NEGRO 81 y del VICAR ROJO 81, evaluados en diferentes zonas de Centro América, y
- b) determinar el grado de relación entre los parámetros de estabilidad determinados por el método de Eberhart y Russell y por el de Plaisted y Peterson.

MATERIALES Y METODOS

En este estudio se utilizaron los rendimientos de las variedades de frijol negro y rojo que constituyeron el Vivero Centroamericano de Adaptación y Rendimiento 81 (VICAR 81), distribuido anualmente en el área por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Colombia). Todos los experimentos que forman parte de este programa se realizan siguiendo las metodologías establecidas por la institución.

La lista de genotipos incluidos en el ensayo regional, así como las localidades donde se probaron los materiales, aparecen en los Cuadros 1 y 2.

Se hicieron análisis de varianza separados para cada uno de los ensayos seleccionados; para el

rendimiento se realizó un análisis combinado de la producción, por color de grano, incluyendo todas las localidades. A continuación se hizo el análisis de adaptabilidad y estabilidad, con base en los métodos propuestos por Eberhart y Russell (1966) y por Plaisted y Peterson (1959). De acuerdo con los valores de Y , μ , b y s^2d_i , se hizo la interpretación del grado de adaptación de cada cultivar a la región centroamericana.

Los parámetros de estabilidad determinados por cada método fueron clasificados en una escala del 1 al 6 y se denominó "grado de estabilidad"; el valor de 1 corresponde a la mayor estabilidad y el de 6 a la menor.

Para corroborar la equivalencia entre el parámetro de estabilidad obtenido por el método de Eberhart y Russell (s^2d_i) y el obtenido por el método de Plaisted y Peterson ($\sigma^2 VxA$) se realizó un análisis de correlación lineal.

RESULTADOS Y DISCUSION

En los Cuadros 3 y 4 se observan los rendimientos estimados y los parámetros de adaptabilidad y de estabilidad de las variedades de frijol negro y rojo, respectivamente, obtenidos a partir de los datos de rendimiento en 21 ambientes de Centro América. En los mismos cuadros se ofrece la interpretación de los parámetros de acuerdo al método estadístico desarrollado por Eberhart y Russell (1966).

Las variedades negras con mayor adaptación a las diferentes zonas y épocas de siembra de Centro América fueron el 'Huasteco' y el 'Tamazulapa', pero el 'Tamazulapa' fue el más estable. De las variedades rojas el 'Acacias 4' fue el que tuvo mayor adaptación y al mismo tiempo gran estabilidad.

Los Cuadros 5 y 6 presentan la comparación entre los parámetros de estabilidad de los cultivares, obtenidos por el método de Eberhart y Russell (1966) y por el de Plaisted y Peterson (1959).

Dentro del grupo de los materiales con grano negro los cultivares de origen guatemalteco: 'Jutiapán', 'Tamazulapa' y 'Quetzal' tuvieron los mejores niveles de estabilidad de acuerdo a los dos métodos; los cultivares 'Talamanca' y 'Huasteco' fueron los más inestables.

Cuadro 1. Variedades negras y rojas y su origen, incluidas en los Viveros Centroamericanos de Adaptación y Rendimiento de frijol de 1981 (VICAR 81).

Variedades negras	Origen	Variedades rojas	Origen
Huasteco	México	Honduras 46	Honduras
Tamazulapa	Guatemala	Zamorano	Honduras
Quetzal	Guatemala	Acacias 4	Honduras
Jutiapán	Guatemala	Rojo de Seda	El Salvador
Porrillo Sintético	El Salvador	Revolución 79	Nicaragua
Talamanca	Costa Rica	México 80	Costa Rica
Brunca	Costa Rica		
Turrialba 1	Costa Rica		
Ica Pijao	Colombia		

Cuadro 2. Localidades y número de siembras en cada localidad donde se establecieron los viveros Centroamericanos de Adaptación y Rendimiento de frijol de 1981 (VICAR 81).

VICAR Negro			VICAR Rojo			
País	Localidad	Número de siembras	País	Localidad	Número de siembras	
Guatemala	Jutiapa	3	Honduras	Catacamas	1	
	La Máquina	1		El Salvador	San Andrés	3
	San Gerónimo	2	Ahuachapan		3	
	Chinaltenango	2	Nicaragua	Carazo	1	
El Salvador	San Andrés	3		Costa Rica	Alajuela	3
	Ahuachapan	3			San Isidro	3
	Nueva Guadalupe	1				
Costa Rica	Alajuela, EEFBM	3				
	San Isidro, Pérez Zeledón	3				
Total de ensayos		21			14	

Con relación a los cultivares rojos, el 'Rojo de Seda', 'México 80' y 'Acacias 4' fueron los materiales más estables, mientras que la variedad 'Honduras 46' fue la más inestable, de acuerdo a los dos análisis estadísticos empleados.

El alto valor del coeficiente de correlación entre los parámetros de estabilidad obtenidos por la metodología de Eberhart y Russell y por la de Plaisted y Peterson ($r=0,89^{**}$; $P<0,01$), confirman la equivalencia entre ambas metodologías (Cuadros 5 y 6).

CONCLUSIONES

Con relación a los materiales de color negro, las variedades 'Huasteco', 'Tamazulapa', 'Talamanca', 'Porrillo Sintético' y 'Quetzal' mostraron rendimientos superiores o iguales al promedio

general, así como amplia adaptación en los diferentes ambientes; sin embargo, únicamente el cultivar 'Tamazulapa' posee constancia o estabilidad de comportamiento en épocas diferentes de siembra.

Entre los cultivares de color rojo, 'Acacias 4' obtuvo una producción superior al promedio general y mostró además, amplia adaptación y estabilidad a través de los diferentes ambientes. Las variedades 'Rojo de Seda' y 'México 80', aunque obtuvieron rendimientos similares al promedio, se distinguieron por su amplia adaptación y consistencia en su comportamiento, lo cual explica probablemente su popularidad entre los productores de El Salvador y Costa Rica, respectivamente.

Hubo una correlación positiva y significativa, al nivel de 1% de probabilidad, entre los valores de estabilidad de cada cultivar obtenidos a través de ambos métodos, lo que indica con-

Cuadro 3. Rendimientos estimados (Y), parámetros de adaptabilidad (b_i) y de estabilidad (S^2d_i) de nueve cultivares de frijol negro, obtenidos a partir de los datos de producción en 21 ambientes de Centro América.

Cultivar	Y (t/ha)		b_i		S^2d_i		Interpretación de los parámetros
Huasteco	1,342	$> \mu$	1,12	= 1	42,6	> 0	Buena respuesta en todos los ambientes. Inestable.
Tamazulapa	1,314	$> \mu$	0,98	= 1	1,82	= 0	Cultivar estable. Amplia adaptación a todos los ambientes. Presenta la relación ideal de parámetros.
Talamanca	1,288	= μ	0,97	= 1	62,3	> 0	Buena respuesta en todos los ambientes. Inestable.
Porrillo sintético	1,274	= μ	0,92	= 1	35,65	> 0	Buena respuesta en todos los ambientes. Inestable.
Quetzal	1,260	= μ	1,05	= 1	4,97	= 0	Cultivar estable. Adaptación a ambientes medios
Ica Pijao	1,194	= μ	0,99	= 1	23,75	> 0	Buena respuesta en todos los ambientes. Inestable.
Brunca	1,186	= μ	0,86	< 1	23,1	> 0	Responde mejor en ambientes desfavorables. Inestable.
Jutiapán	1,185	= μ	1,07	= 1	1,41	= 0	Cultivar estable. Adaptación a ambientes medios.
Turrialba	1,128	$< \mu$	1,05	= 1	32,26	> 0	Desadaptado a todos los ambientes.

Cuadro 4. Rendimientos estimados (Y), parámetros de adaptabilidad (b_i) y de estabilidad (S^2d_i) de seis cultivares de frijol rojo, obtenidos a partir de los datos de producción en 21 ambientes de Centro América.

Cultivar	y (t/ha)		b_i		S^2d_i		Interpretación de los parámetros
Honduras 46	1,186	$> \mu$	0,75	< 1	57,69	> 0	Responde mejor en ambientes desfavorables. Inestable.
Acacias 4	1,157	$> \mu$	1,06	= 1	14,62	= 0	Cultivar estable. Amplia aceptación a todos los ambientes. Presenta la relación ideal de parámetros.
Revolución 79	1,099	= μ	1,28	> 1	34,18	> 0	Responde mejor en buenos ambientes. Inestable.
Rojo de Seda	1,086	= μ	0,89	= 1	9,8	= 0	Cultivar estable. Adaptación a ambientes medios.
México 80	1,016	= μ	1,12	= 1	13,68	= 0	Cultivar estable. Adaptación a ambientes medios.
Zamorano	0,804	$< \mu$	0,90	= 1	54,02	> 0	Desadaptado a todos los ambientes.

Cuadro 5. Comparación entre los parámetros de estabilidad obtenidos según la metodología de Eberhart y Russell y de Plaisted y Peterson para nueve variedades de frijol negro del VICAR 81—CIAT.

Cultivar	Metodología de Eberhart & Russell		Metodología de Plaisted & Peterson		
	S^2d_i	Grado de estabilidad*	σ^2V_{xA}	Grado de estabilidad	
Huasteco	42,60	> 0	8	28.677,10	8
Tamazulapa	1,82	= 1	2	36.516,72	1
Talamanca	62,30	> 0	9	27.631,70	9
Porriño Sintético	35,26	> 0	7	28.779,39	7
Quetzal	4,97	= 0	3	34.159,59	3
Ica Pijao	23,75	> 0	5	31.469,56	4
Brunca	23,10	> 0	4	30.101,61	5
Jutiapán	1,42	= 0	1	34.698,04	2
Turrialba 1	32,26	> 0	6	28.861,32	6

$r = 0,97^{**}$ ($P < 0,01$)

* Escala de estabilidad: 1 = cultivar más estable; 6 = cultivar menos estable.

Cuadro 6. Comparación entre los parámetros de estabilidad obtenidos según la metodología Eberhart y Russell y Plaisted y Peterson para seis variedades de frijol rojo del VICAR 81—CIAT.

Cultivar	Metodología de Eberhart y Russell		Metodología de Plaisted & Peterson		
	S^2d_i	Grado de estabilidad*	σ^2V_{xA}	Grado de estabilidad	
Honduras 46	57,69	> 0	6	39.752,82	6
Acacias 4	14,62	= 0	3	61.794,37	2
Revolución 79	34,18	> 0	4	43.217,03	5
Rojo de Seda	9,79	= 0	1	63.909,27	1
México 80	13,69	= 0	2	54.702,12	3
Zamorano	54,02	> 0	5	47.523,24	4

$r = 0,89^{**}$ ($P < 0,01$)

* Escala de estabilidad: 1 = cultivar más estable; 6 = cultivar menos estable.

sistencia entre los resultados obtenidos por cualquiera de los dos métodos para describir el comportamiento exhibido por los materiales genéticos probados.

RESUMEN

Se estudió la adaptabilidad y la estabilidad de nueve variedades de frijol negro y seis de frijol rojo en nueve y siete localidades centroamericanas, respectivamente, y en 21 y 14 épocas de siembra, respectivamente.

Se utilizaron los rendimientos de las variedades incluidas en la prueba regional de variedades de frijol, VICAR 81. Estos viveros son distribuidos anualmente en América Central, por el Centro

Internacional de Agricultura Tropical. Se hicieron análisis de varianza separadamente para cada uno de los ensayos seleccionados y se realizó un análisis combinado por color de grano que incluyó todas las localidades. A continuación se hizo el análisis de adaptabilidad y estabilidad, usando los métodos propuestos por Eberhart y Russell y por Plaisted y Peterson. Finalmente se hizo el análisis de correlación entre los parámetros de estabilidad obtenidos por ambos métodos.

Sólo la variedad negra 'Tamazulapa' y la variedad roja 'Acacias 4' mostraron alta adaptabilidad a la vez que alta estabilidad.

Hubo una alta correlación positiva y altamente significativa, entre los valores de estabilidad de cada cultivar obtenidos por ambos métodos.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Ing. Agr. Eleonor Vargas Aguilar del MAG por la revisión editorial y las sugerencias de contenido.

LITERATURA CITADA

COFFMAN, W.R.; EVERSON, R.E.; HERAT, R.W.; KAFFMAN, H.E.; O'TOOLE, J.C. 1976. Risk and uncertainty as factors in crop improvement research. In Conference on Risk and Uncertainty. México, CIMMYT. (mimeografiado).

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6:36-40.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research* 14:742-754.

PLAISTED, R.L.; PETERSON, L.C. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistence in different locations or seasons. *American Potato Journal* 36:381-385.