

EVALUACION DE LINEAS PROMISORIAS DE FRIJOL BLANCO Y TIPOS "RED KIDNEY" (*Phaseolus vulgaris* L.) EN TRES LOCALIDADES DE COSTA RICA ¹

Adolfo Echeverría, Rodolfo Araya ²

RESUMEN

Evaluación de líneas promisorias de frijol blanco y tipos "Red Kidney" (*Phaseolus vulgaris* L.) en tres localidades de Costa Rica. En mayo de 1992, se establecieron dos experimentos: uno de frijol blanco y otro de frijol tipo "Red Kidney" (semilla > 25 g) en tres localidades de Costa Rica: 1-Alajuela (Estación Experimental Fabio Baudrit M.), 2-Puriscal y 3-Esparza. Se evaluaron ocho líneas de frijol blanco y ocho líneas de tipo "Red Kidney", todas provenientes del banco de germoplasma del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. Los testigos utilizados fueron Talamanca (tolerante a Mustia Hilachosa y susceptible a Antracnosis) y Purisice (BAT-76) (tolerante a Antracnosis y a Mustia Hilachosa). El diseño experimental usado fue Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales fueron cuatro hileras de 3 m de largo, separadas a 0,6 m. Las variables evaluadas fueron: a) Rendimiento en grano seco, b) Peso de grano no comercial, c) Días a floración, d) Días a madurez fisiológica, e) Adaptación vegetativa y reproductiva, f) Rendimiento de grano tierno, h) Incidencia de enfermedades. La pudrición radical afectó más este tipo de materiales exóticos, en comparación con los testigos. Las líneas de frijol tipos "Red Kidney" y frijol blanco mostraron resistencia a la Antracnosis. El frijol blanco tuvo un mayor rendimiento y mayor grado de tolerancia a la Mustia Hilachosa que el frijol "Red Kidney". La presión de Mustia Hilachosa fue muy alta en la zona de Esparza (la reacción de los testigos varió

ABSTRACT

Evaluation of Promising Lines of White and "Red Kidney" type beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in three Locaties in Costa Rica. Two trials were established in May, 1992; one with white bean and the others whit "Red Kidney" type bean (seed >25g) in three locaties in Costa Rica: 1-Alajuela (Fabio Baudrit Experiment Station), 2-Puriscal and 3-Esparza. Eight lines of both, white and Red Kidney beans supplied by the germplasm bank of the "Centro Internacional de Agricultura Tropical" (CIAT), Colombia, were evaluated. The controls used were Talamanca (tolerante to web-blight and susceptible to Antracnosis) and Purisice (BAT-76) (Tolerant to Antracnosis and web-blight). A Complete Randomized Block experimental design with three replications was used. The experimental units consisted of four 3m long rows, spaced at 0.6 m. The evaluated parameters were: a) Dry grain yield, b) Weight of unmarketable grain, c) Days to blooming, d) Days to physiological maturity, e) Vegetative and Reproductive adaptation, f) Tender grain yield an h) Incidence of diseases. These exotic materials were affected more by the root-rot, in comparison to the controls. The "Red Kidney" types and white bean lines showed resistance to Antracnosis. The white bean had a higher yield and degree of tolerance to Web-blight than the Red Kidney bean. The presure of web-blight was very high in Esparza (the reaction of the controls varied from 5 to 6). The white bean line PAN-105 was among the highest yielding lines in all the tested locaties. The

¹ Extracto de tesis para optar por el título de Ing. Agr. presentada por el primer autor a la Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Investigación que forma parte del proyecto N° 776-91-315 de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.

² Programa de Leguminosas de Grano, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Universidad de Costa Rica.

entre 5 y 6). La línea de frijol blanco PAN-105, estuvo entre los de mayor producción en todas las localidades evaluadas. En el frijol tipo Red Kidney las líneas que mostraron las mejores producciones fueron la RK-136, RK-128, RK-122 y la A-193.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, líneas puras, fitomejoramiento, granos, Costa Rica.

Red Kidney type beans that showed the highest yields were: RK-136, RK-128, RK-122 and A-193.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, pure lines, plant breeding, grain, Costa Rica.



INTRODUCCION

En Costa Rica, además del frijol de grano de color negro y de color rojo (*Phaseolus vulgaris*), se consumen otros tipos de frijol con diferente color y tamaño de grano, como el frijol blanco y el tipo Red Kidney, y otras especies como el frijol lima (*Phaseolus lunatus*) y el frijol Cubá (*Phaseolus coccineus*). Entre los frijoles de mayor consumo en el país, después del negro y rojo, está el tipo Red Kidney, que sirve tanto para el consumo de grano seco y grano tierno (conocido con el nombre de frijol chileno), y el frijol blanco. El precio de venta de estos frijoles supera en un mínimo el 100% y en algunas ocasiones hasta 300%, el precio de venta del frijol de grano negro o rojo.

El potencial de producción de los frijoles tipo Red Kidney y Blanco es similar al del frijol rojo y negro, pero la mayor parte de este grano se importa. La obtención de una variedad promisoría de este tipo de frijol para uso comercial, traería varios beneficios: (1) una reducción o eliminación de las importaciones de estos granos; (2) reducción de los precios al consumidor, por una mayor oferta del producto; (3) generación de ingresos para pequeños agricultores; (4) una mayor demanda del producto, al reducirse los precios por la producción local.

Existen en Costa Rica recomendaciones sobre variedades comerciales de frijol blanco: blanco corriente, blanco ciruelas, ojo de pollo, pisque, bayo

corriente, cuarenteno, cuarenteno amarillo e higue-rillas (Maroto 1962). Pero en la actualidad no hay disponibilidad de esta semilla.

Resultados recientes de investigación obtenidos en Costa Rica con frijol blanco, en la zona de Alajuela, son similares a las mejores producciones obtenidas en otras latitudes. Evaluaciones de variedades de frijol blanco se han efectuado en la Estación Experimental Fabio Baudrit, en Alajuela desde 1977 (Araya 1977; Araya 1978; Araya 1991; Zamora y Araya 1988; Zamora *et al.*, 1986). Se han seleccionado líneas de frijol blanco en cuanto a rendimiento (1378 a 1815 kg/ha) y apariencia de la semilla (blanco intenso y uniformidad del tegumento). Se menciona además el deterioro que sufren estas líneas en su calidad de grano (decoloración y manchado) cuando se dan lluvias durante la madurez fisiológica (Araya 1978). En 1987 se evaluaron en Alajuela, 146 líneas de frijol blanco. Solo 15 de estas líneas superaron en rendimiento al testigo local California, de grano de color blanco, entre estas: PAN-23, PAN-38, PAN-109, PAN-4, PAN-33, PAN-131, PAN-63, PAN-39, PAN-43, PAN-34, PAN-106, PAN-105, PAN-40, PAN-28 y PAN-47. La PAN-131 obtuvo rendimiento igual al testigo (Zamora *et al.* 1986). En 1987, en la Estación Experimental Fabio Baudrit, los rendimientos más altos los obtuvieron las líneas PAN-133 y PAN-108 con 4326 kg/ha y 4185 kg/ha, respectivamente. Los rendimientos más bajos se obtuvieron con PAN-14 y PAN-7 (Zamora y Araya 1988). En 1991, en San Rafael de Ojo de Agua, a

880 msnm, los de mejor tipo de grano obtuvieron la siguiente producción: PAN-30 con 2214 kg/ha; la PAN-86 con 2051 kg/ha; PAN-90 con 1905 kg/ha; PAN-40 con 1901 kg/ha; PAN-134 con 1606 kg/ha y PAN-136 con 1398 kg/ha (Araya 1991).

Entre las mejores líneas de frijol blanco obtenidas durante los años 1976, 1977 y 1978, en CIAT (CIAT 1989) sobresalió con el mayor rendimiento la Ex Rico 23 (originaria de Costa Rica y obtenida por mutación química) con producciones entre 1354 y 1954 kg/ha. En 1979, en Colombia (CIAT 1980), en una prueba de variedades de diverso color de grano con resistencia a varias enfermedades, se observó que el frijol blanco fue más susceptible que el frijol negro a Mancha Angular (*Isariopsis griseola*) y Antracnosis (*Collectotrichum lindemuthianum*), pero más resistente a la Roya (*Uromyces phaseoli*). En este mismo ensayo se evaluó la resistencia del material a Mustia Hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*), pero solo se encontró resistencia intermedia (CIAT 1980).

En otras pruebas internacionales hechas por el CIAT, durante 1985 con frijol blanco, la variedad XAN-134 y la PAN-20 en Perú, obtuvieron rendimientos de 4542 y 3141 kg/ha, respectivamente; mientras que en Colombia, la variedad BAT-1713 tuvo una producción de 2266 kg/ha. En 1986, el CIAT obtuvo rendimientos promedios de 1511 kg/ha para la mejor línea de frijol blanco (PAN 72) (CIAT 1987 a). Pero en investigaciones efectuadas en Palmira y Popayán ninguna variedad fue resistente a Antracnosis (CIAT 1985 b). En Ecuador, Chile y Perú, se ha logrado progreso local para rendimiento, tipo de grano y resistencia a la cepa necrótica de BCMV (CIAT 1987 c).

Se ha notado también que las variedades de frijol con semilla negra y roja, muestran una mejor emergencia y vigor que las semillas blancas, por lo que las semillas blancas parecen tener menor resistencia a patógenos de la raíz. Uno de los genes involucrados en la producción del pigmento (color de la semilla), está involucrado también en la producción de una sustancia química, *phaseolina*, la

cual se conoce como efectiva contra la Rhizoctonia y pudriciones radicales (Deakjin 1974). Además, hay variedades que son resistentes a la pudrición seca por *Fusarium*, pero generalmente se encuentra una relación genética entre la resistencia y otras características de la planta. Se ha observado que las variedades con hipocótilo morado y testa de semilla negra, fueron más resistentes a la pudrición seca por *Fusarium*, que las semillas de otros colores (Schwartz 1982).

Sobre frijol tipo Red Kidney, las investigaciones efectuadas son recientes. En Alajuela, en 1988, durante la época de siembra de mayo (inverniz), las líneas AND-377, AFR-192, AFR-185 y AFR-191 superaron en rendimiento al testigo comercial de grano de color rojo; Huetar, con rendimientos entre 4211 y 4079 kg/ha, mientras que el testigo tuvo un rendimiento de 3609 kg/ha. Para la segunda época de siembra (veraniega), los mayores rendimientos lo obtuvieron las líneas DRK-10, REC-76 y REC-3, con 3902, 3789 y 3683 kg/ha respectivamente (Zamora *et al.* 1988). En 1991, en un ensayo de líneas de Frijol Red Kidney en el mes de setiembre, los rendimientos variaron de 2450 a 1350 kg/ha. El único material de porte erecto hasta la cosecha fue el A-193 (Araya 1991).

En los años 1985, 1986 y 1987 se realizaron varios ensayos con frijol tipo Red Kidney por el CIAT en diferentes países de América. Los rendimientos obtenidos en estos ensayos variaron de 711 kg/ha con la variedad ZAA-55 en Belice, hasta los 3335 kg/ha con la variedad ZAA-105, en Colombia.

Los resultados obtenidos en Alajuela (Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno) con frijol blanco y Red Kidney introducido de otras latitudes, son similares o superan las producciones obtenidas en otros países, esto indica la posible ventaja de su producción comercial en el Valle Central de Costa Rica o zonas similares (Araya 1991). Con base en estos resultados, el método de mejoramiento genético por introducción y selección de materiales, ofrece una alternativa favorable, ya que es un método económico; se evalúan líneas mejoradas de otros programas que podrían

servir como variedades comerciales a corto plazo, o para seleccionar genotipos superiores mediante la selección individual o masal. También se pueden utilizar como reservorio de germoplasma (CIAT 1985 a).

El objetivo del presente trabajo fue conocer el grado de resistencia de líneas de frijol blanco y Red Kidney a la Mustia Hilachosa (*T. cucumeris*) y a la Antracnosis (*C. lindemuthianum*) en Esparza y Puriscal respectivamente, además de determinar el potencial de producción en la localidad de Alajuela.

MATERIALES Y METODOS

En mayo de 1992, se establecieron dos experimentos: uno de frijol blanco y otro de frijol "Red Kidney" en tres localidades: 1-Alajuela (Estación Experimental Fabio Baudrit M., por ser una zona que sirve para determinar el potencial de rendimiento y representativa de una amplia zona de pequeños productores de frijol y vainica; el ensayo se sembró el día 22 de mayo); 2-Puriscal (se seleccionó por la disponibilidad de un terreno inoculado con antracnosis y además porque presenta buenas condiciones que permitiría una alta confiabilidad en la evaluación de resistencia a la amplia variabilidad de razas de este patógeno que predominan en esta localidad (Araya, *et al.* 1990); el ensayo se sembró el día 27 de mayo) y 3-Esparza (se seleccionó por sus condiciones climáticas para evaluar la resistencia a Mustia Hilachosa; se sembró el día 31 de mayo). En el Cuadro 1, se muestra la ubicación geográfica de las localidades evaluadas.

Cuadro 1. Ubicación geográfica de los lugares donde se instalaron los experimentos. 1992.

Localidad	Altitud (m)	COORDENADAS	
		Latitud Norte	Longitud Oeste
Alajuela	840	10°01	84°16
Puriscal	1102	09°51	84°19
Esparza	208	09°59	84°39

Los suelos donde se ubicaron los experimentos son planos y profundos, a excepción de Puriscal, que tenía una inclinación de alrededor del 25%. Los análisis de suelo se presentan en el Cuadro 2.

Se evaluaron ocho líneas de frijol blanco y ocho líneas de "Red Kidney", todas provenientes del banco de germoplasma del CIAT, Colombia. En el Cuadro 3 se observa la identificación y el tipo de frijol. Los testigos utilizados fueron las variedades comerciales de grano de color negro: Talamanca (tolerante a Mustia Hilachosa y susceptible a Antracnosis) y Purisice (tolerante a Antracnosis y con resistencia intermedia a Mustia Hilachosa).

El diseño experimental usado fue de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales en todos los ensayos, constaban de cuatro hileras de 3 m de largo separadas a 0,6 m; para una área total de 5,4 m². Para cuantificar el rendimiento en grano seco se cosecharon las dos hileras centrales (3,6 m²) y se eliminaron las plantas ubicadas en cada uno de los extremos de las hileras. Para el frijol "Red Kidney" en la localidad de Alajuela, la unidad experimental constó de una hilera adicional para evaluar, en una de las hileras centrales, la producción de grano tierno (1,8 m²). La unidad experimental total tuvo una área de 7,2 m².

Preparación del Terreno

El terreno en Alajuela y Esparza se preparó 20 días antes de la siembra, con una arada, una rastreada y una alomillada a 0,6 metros entre surcos. En Puriscal, el terreno se deshirió a mano y se elaboraron los lomillos (camellones) con pala.

Siembra

El lomillo se surcó con asadón, luego se agregó fertilizante de la fórmula comercial 10-30-10 a una dosis de 50 kg de P₂O₅/ha; se tapó con suelo y encima se colocaron las semillas a razón de 15 por

Cuadro 2. Análisis químico y físico del suelo en las localidades donde se efectuaron los experimentos.

Propiedad	Esparza	Puriscal	Alajuela
pH H ₂ O	5,30	4,70	5,20
M.O.(%) ^{1/}	13,25	8,16	13,60
Ca (cmol(+)/L)	3,90	4,20	3,70
Mg (cmol(+)/L)	0,30	1,80	1,00
K (cmol(+)/L)	0,17	0,10	0,51
Ac (cmol(+)/L)	0,30	1,60	0,70
CICE (cmol(+)/L) ^{2/}	4,67	7,70	5,83
P (mg/L)	1,00	2,20	5,80
Cu (mg/L)	3,80	23,20	6,60
Fe (mg/L)	115,00	244,00	104,00
Mn (mg/L)	4,40	74,00	5,10
Zn (mg/L)	0,70	2,20	0,90
B (mg/L)	1,54	0,92	10,80
S (mg/L)	70,80	42,20	19,80

^{1/} Materia orgánica.^{2/} Capacidad de intercambio catiónico.**Cuadro 3.** Identificación y procedencia del material experimental de frijol blanco y “Red kidney” 1992.

Identificación	Origen	Tipo
PAN-30	Colombia	Blanco
PAN-86	Colombia	Blanco
PAN-90	Colombia	Blanco
PAN-40	Colombia	Blanco
PAN-133	Colombia	Blanco
PAN-75	Colombia	Blanco
PAN-105	Colombia	Blanco
PAN-108	Colombia	Blanco
RK-128	Colombia	Red Kidney
RK-107	Colombia	Red Kidney
RK-136	Colombia	Red Kidney
RK-108	Colombia	Red Kidney
RK-122	Colombia	Red Kidney
A-193	Colombia	Red Kidney
RK-167	Colombia	Red Kidney
RK-145	Colombia	Red Kidney
Talamanca	Costa Rica	Negro
Purisce (BAT-76)	Costa Rica	Negro

metro lineal. Antes de tapar el surco, se adicionaron 15 kg/ha del insecticida Cytrolane 10G (mephospholan) al suelo.

Control de malezas

Tres días después de la siembra se aplicó paraquat a una dosis de 1 l/ha. Se hicieron dos aplicaciones más de paraquat (700 cc/ha) durante el ciclo del cultivo, dirigido a las malezas.

Control de insectos

Para el control de insectos cortadores se aplicó Cytrolane 10 G (mephospholan) a la siembra a razón de 15 kg/ha. Luego se aplicó Tamarón (metamidophos) a una dosis de 200 cc/ha, una semana después de la germinación, para el control de insectos del follaje.

Variables estudiadas

Las variables evaluadas en frijol blanco y Red Kidney fueron las siguientes:

- a) Rendimiento grano seco en g/3,6 m², transformado a kg/ha. Se cosecharon los surcos centrales de la parcela útil y se eliminaron las plantas borde.
- b) Peso de grano no comercial. Se pesaron todos los frijoles de desecho.
- c) Días a floración. Se calcularon como días después de siembra, con base al "Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol" (CIAT 1987 b) cuando el 50% de las plantas cuentan con una o más flores.
- d) Días a madurez fisiológica. Se calcularon los días a madurez fisiológica con base al "Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol del CIAT (CIAT 1987 b).
- e) Adaptación vegetativa y reproductiva. Se obtuvo con base en la escala del CIAT (CIAT 1987 b). Esta escala va de 1 a 9, siendo 1 una adaptación excelente y 9 una adaptación muy pobre, tanto para la adaptación vegetativa como para la adaptación reproductiva.
- f) Rendimiento de grano tierno (grano en madurez fisiológica). Solo se obtuvo para el frijol "Red Kidney" en la localidad de Alajuela. Este rendimiento se midió cosechando, cada dos días durante dos semanas, las vainas que se encontraran con coloración entre verde y amarillo. Los granos húmedos se pesaron inmediatamente después de cosechados.
- g) Número de vainas por parcela útil. Se midió solo en "Red Kidney" para grano tierno y en la localidad de Alajuela. Se contaron todas las vainas de la parcela útil. A estos datos se les aplicó transformación de raíz cuadrada, para su análisis estadístico.
- h) Número de granos por parcela útil. Se midió solo para el rendimiento de grano tierno del frijol "Red Kidney" y en la localidad de Alajuela. Se contaron todos los granos de la parcela útil. A estos datos se les aplicó transformación de raíz cuadrada.
- i) Porcentaje de volcamiento. Se evaluó solo en frijol tipo Red Kidney en Alajuela. Se le aplicó la transformación de arcoseno del porcentaje de volcamiento.
- j) Evaluación de enfermedades. Se evaluó la incidencia antracnosis, mustia hilachosa y pudrición radical, con base en la escala propuesta por el CIAT (CIAT 1987 b).

RESULTADOS

Experimento de frijol blanco

Localidad de Puriscal

Hubo diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre cultivares, en los días a madurez fisiológica, incidencia de antracnosis y diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en el rendimiento de grano comercial y no comercial (grano de desecho).

En el Cuadro 4, se presentan los valores medios de las diferentes variables agronómicas del ensayo de frijol blanco en Puriscal. El rendimiento fue bajo en todas las líneas y varió entre 68 y 435 kg/ha. La principal causa de esta baja producción fue la alta incidencia de *Fusarium* sp, que redujo drásticamente el desarrollo de las plantas, unido a la baja disponibilidad de fósforo en el suelo (Cuadro 1).

La línea más productiva fue la PAN-105. Esta línea no mostró diferencia significativa con el tes-

tigo, Purisice lo que indica su alto potencial, ya que es resistente a la antracnosis y además es tolerante al bajo fósforo (Saborío y Beebe 1995).

La incidencia de Antracnosis en los materiales evaluados fue baja (Cuadro 4). Los materiales mos-traron una resistencia entre alta e intermedia ante el patógeno. El testigo susceptible (Talamanca) mostró una alta incidencia de Antracnosis y una diferencia significativa con respecto al resto de las líneas. La variedad comercial Purisice, empleada como testigo de resistencia intermedia a la Antracnosis, mostró valores similares a los obtenidos por las líneas blancas.

Se presentó un ataque de Mustia Hilachosa, lo cual no es común en la localidad de Puriscal. La alta precipitación influyó en la incidencia de esta enfermedad (Cuadro 5). La incidencia fue intermedia en todo el ensayo, lo cual también influyó en el pobre desarrollo vegetativo.

Se encontró una diferencia en el ciclo vegetativo de las líneas, que varió entre 77 y 85 días,

Cuadro 4. Valores medios del rendimiento y otras características agronómicas en ocho cultivares de frijol blanco (*Phaseolus vulgaris* L.) en Puriscal. 1992.

Línea	Rendimiento		Madurez Fisiológica (días)	Mustia ^{1/} Hilachosa	Antracnosis ^{1/}	Adaptación Vegetativa ^{1/}	Putridión Radical ^{1/}
	comercial kg/ha)	no comercial (g/3,6 m ²)					
PAN-30	251,85 b ^{2/}	12,0 ab	78,67 bc	3,00	2,33	3,67	5,33 a
PAN-86	214,81 bc	12,0 b	82,00 ab	3,00	2,67	3,00	3,67 ab
PAN-90	256,48 b	10,7 abc	80,33 bc	3,00	3,33	2,33	3,67 ab
PAN-40	209,25 bc	6,3 bc	78,67 bc	3,00	2,33	5,00	4,33 ab
PAN-133	180,56 bc	10,7 abc	78,67 bc	3,67	2,33	3,67	3,67 ab
PAN-75	206,48 bc	8,0 bc	84,00 a	3,00	3,33	3,00	3,67 ab
PAN-105	435,18 a	17,0 a	77,00 c	3,00	2,00	3,67	4,33 ab
PAN-108	175,93 bc	10,7 abc	78,67 bc	3,67	3,00	4,33	4,33 ab
Talamanca	68,52 c	2,7 c	85,00 a	4,33	6,00	5,00	3,67 ab
Purisice	311,11 ab	8,0 bc	77,00 c	4,33	2,00	5,00	3,00 b

^{1/} Promedio de ubicación, escala CIAT (1987 b); 1 a 9.

^{2/} Medias con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas según, prueba de Duncan al 5%.

Cuadro 5. Datos meteorológicos registrados durante el periodo en Esparza, Puriscal y Alajuela, 1992.

Mes	Esparza Lluvia (mm)	Puriscal Lluvia (mm)	Alajuela		
			Lluvia (mm)	Humedad relativa (%)	Temperatura(°C)
Mayo	0	91,3	88,5	74	23,5
Junio	301,7	506,9	399,3	85	22,2
Julio	214,7	285,0	204,9	80	21,7
Agosto	219,3	272,7	240,8	81	21,7

siendo las líneas más precoces: PAN-105, y PAN-40. En cuanto al peso de grano no comercial, la variedad Talamanca fue la que mostró el menor peso, junto con la variedad Puricise y las líneas PAN-40 y PAN-75.

Localidad de Esparza

Hubo diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para los días a madurez fisiológica y diferencias significativas ($P < 0,05$) para el rendimiento, peso de grano no comercial y días a floración. El coeficiente de variación en el rendimiento fue alto, debido a que la incidencia de Mustia Hilachosa no fue uniforme en el campo experimental.

Los valores medios de las variables estudiadas se presentan en el Cuadro 6. El rendimiento obtenido en Esparza fue muy bajo y en ningún caso las líneas introducidas superaron a los testigos. El mejor rendimiento lo obtuvo el testigo Talamanca con 214 kg/ha, seguido de PAN-90 y PAN-75 con 205,5 y 162,0 kg/ha, respectivamente. Esta baja productividad se debió, principalmente al ataque de Mustia Hilachosa durante la etapa vegetativa del frijol, donde causó una defoliación hasta del 65% del total del follaje.

El testigo Talamanca, de resistencia intermedia a la Mustia Hilachosa, mostró niveles altos de incidencia de este patógeno (Cuadro 6), lo que indica el alto nivel de presión de inóculo en el campo. Las altas temperaturas y al mismo tiempo las lluvias persistentes, fueron factores determinantes para la alta incidencia de este patógeno. En

el Cuadro 5 se muestra precipitación ocurrida durante el ciclo vegetativo del frijol.

La floración se inició entre los 38 y 41 días después de la siembra y todos los materiales llegaron a su madurez fisiológica entre 70 y 75 días después de la siembra.

Localidad de Alajuela

Hubo diferencias altamente significativas para el número de plantas y diferencias significativas para adaptación vegetativa y peso de grano no comercial.

Los valores medios del rendimiento y otros caracteres agronómicos se presentan en el Cuadro 7. Los rendimientos obtenidos fueron superiores a los de Esparza y Puriscal, debido a la ausencia de Mustia Hilachosa, Antracnosis y pudrición radical, además de una mayor disponibilidad de fósforo. También en esta zona se obtienen por lo general altos rendimientos en frijol común.

Experimento de frijol tipo "Red Kidney"

Localidad de Puriscal

Para el ensayo de frijol Red Kidney, hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) en el rendimiento. El coeficiente de variación del rendimiento fue alto y presentó un valor del 54,19%, debido a que algunas parcelas del ensayo se perdieron to-

Cuadro 6. Valores medios del rendimiento y otras características agronómicas de ocho líneas de frijol blanco (*Phaseolus vulgaris* L.) en Esparza, Costa Rica, 1992.

Línea	Rendimiento (kg/ha) Comercial	# de Plantas	Madurez Fisiológica (Días)	Peso ^{2/} (g/3,6 m ²) No Comercial	Días a Floración	Mustia ^{1/} Hilachosa
PAN-30	100,92 bc ^{2/}	8,35	70,00 b	15,67 ab	40,00 abc	7,00
PAN-86	98,15 bc	8,17	75,00 a	10,33 bc	41,33 ab	6,67
PAN-90	205,56 a	7,91	73,33 a	21,33 ab	41,00 ab	7,00
PAN-40	157,41 abc	8,46	75,00 a	14,33 abc	40,00 abc	6,33
PAN-133	125,00 bc	8,32	73,33 a	16,67 ab	42,00 a	6,00
PAN-75	162,04 ab	8,06	73,33 a	22,67 a	40,33 abc	6,67
PAN-105	150,00 abc	8,36	70,00 b	15,33 abc	39,67 bc	7,00
PAN-108	79,63 c	7,92	75,00 a	12,33 abc	41,67 ab	7,00
Talamanca	214,81 a	8,63	70,00 b	11,67 abc	38,60 c	6,33
Puricise	89,81 bc	5,65	75,00 a	3,67 c	40,67 abc	7,00
C.V.% ^{3/}	30,46	19,46	2,17	42,24	24,48	2,71

^{1/} Promedio de evaluación, escala CIAT (1987 b); 1 a 9.

^{2/} Medias con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas según prueba de Duncan 5%

^{3/} Coeficiente de variación.

Cuadro 7. Valores medios del rendimiento y otras características agronómicas de líneas de frijol blanco (*Phaseolus vulgaris* L.). Alajuela, 1992.

Línea	Rendimiento		# de Plantas	Días a Floración	Adaptación ^{1/}	
	Comercial (kg/ha)	No Comercial (g/3,6 m ²)			Vegetativa	Reproductiva
PAN-30	1431,48 a ^{2/}	54,67 b	7,85 d	41	4,0	4,0
PAN-86	1774,07 a	161,00 a	7,74 d	41	4,0	4,0
PAN-90	1484,26 a	98,00 ab	7,61 d	41	4,0	3,3
PAN-40	1541,67 a	84,00 ab	7,99 cd	41	4,0	4,0
PAN-133	1800,93 a	162,67 a	8,46 b	41	4,0	3,3
PAN-75	1641,67 a	90,33 ab	7,86 d	39	4,0	4,0
PAN-105	2274,07 a	49,67 b	7,97 cd	41	4,0	4,0
PAN-108	2203,70 a	162,33 a	8,32 bc	41	3,3	3,3
Talamanca	2457,40 a	7,33 b	8,89 a	39	2,0	2,6
Puricise	1931,48 a	41,00 b	8,58 ab	41	3,0	4,0
C.V.(%) ^{3/}	29,96	56,40	—	—	19,97	21,19

^{1/} Promedio de evaluación, escala CIAT (1987 b); 1 a 9.

^{2/} Medias con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas según prueba de Duncan al 5%.

^{3/} Coeficiente de variación.

tal o parcialmente a causa del ataque de patógenos de la raíz, principalmente *Fusarium* sp.

En el Cuadro 8 se muestran los valores medios de las variables estudiadas en el frijol "Red Kidney" en Puriscal. Los rendimientos obtenidos en varias líneas fueron similares a los mostrados por el testigo resistente y de color negro. Esto indica su alto grado de resistencia y potencial de producción bajo una condición de alta presión de inóculo de Antracnosis, pudrición radical y bajo fósforo, e inclusive se presentó un ataque de Mustia Hilachosa. Los mejores rendimientos los tuvieron las líneas RK-107, RK-122 y el testigo BAT-76.

Localidad de Esparza

En esta localidad no se obtuvo rendimiento para las líneas de "Red Kidney", debido a su alta susceptibilidad a la Mustia Hilachosa (Cuadro 9). Todas las líneas fueron defoliadas y solo se observó con follaje los tratamientos testigos. Al momen-

to de la madurez fisiológica, las plantas de las parcelas habían desaparecido, a excepción de los testigos Talamanca y Purisce. Al estar ambos testigos afectados con un grado 5 y 6 respectivamente, indica que hubo una alta presión de inóculo primario en el campo.

Localidad de Alajuela

En Alajuela se evaluó tanto grano seco como grano tierno para el frijol "Red Kidney". En el Cuadro 10 se muestran los valores medios de las variables estudiadas en el ensayo de "Red Kidney". Hubo diferencias altamente significativas para el rendimiento, días a madurez fisiológica y para grano tierno.

Ninguna línea superó en rendimiento al testigo Talamanca. El frijol "Red Kidney" logró su mejor desarrollo vegetativo y productivo en esta zona. Las líneas más precoces fueron RK-167 y RK-107 con 64 y 66 días a madurez fisiológica, respectivamente. El período vegetativo de las

Cuadro 8. Valores medios del rendimiento y otras características agronómicas de ocho cultivares de frijol "Red Kidney" (*Phaseolus vulgaris* L.), Puriscal, Costa Rica, 1992.

Línea	Rendimiento		Días Floración (Días)	Madurez fisiológica	Adaptación ^{1/}		Antrac- nosis ^{1/}	Pudrición Radical ^{1/}	Mustia Hilachosa ^{1/}
	Comercial (kg/ha)	No Comercial g/3,6 m ²			Vegetativa	Reproductiva			
RK-128	216,67 ab ^{2/}	3,00	38,33	75,67	6,00	2,67	7,00	5,00	4,00
RK-107	356,48 a	11,00	35,00	73,00	6,00	2,67	7,00	5,67	4,00
RK-136	207,40 ab	5,00	36,67	72,00	6,00	3,00	7,00	5,00	4,00
RK-108	78,70 b	1,33	38,67	59,67	6,00	2,37	7,00	5,00	4,00
RK-122	326,85 a	9,00	35,33	72,00	6,00	2,67	6,00	5,00	4,00
A-193	198,15 ab	5,00	42,33	82,00	6,00	3,00	6,00	3,67	4,50
RK-167	80,56 b	1,67	36,33	73,00	8,00	2,67	8,00	7,67	3,00
RK-145	184,26 ab	3,00	35,00	72,00	7,00	2,67	7,00	6,33	4,00
Talamanca	58,33 b	5,00	27,00	50,67	6,00	6,33	5,00	2,33	3,00
Purisce	294,44 a	7,67	26,67	77,00	5,00	2,00	4,00	2,33	4,00

^{1/} Promedio de evaluación, escala CIAT (1987 B); 1 a 9.

^{2/} Medias con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas según prueba de Duncan al 5%.

Cuadro 9. Valores medios del rendimiento y otras características agronómicas de ocho cultivares de frijol “Red Kidney” (*Phaseolus vulgaris* L.) en Esparza, Costa Rica, 1992.

Línea	Rendimiento		Días a floración	Madurez fisiológica (días)	Adaptación ^{1/}		Mustia Hilachosa ^{1/}
	Comercial (kg/ha)	No Comercial (g/3,6 m ²)			Vegetativa	Reproductiva	
RK-128	0,0	0,0	37	—	9	9	8
RK-107	0,0	0,0	32	—	9	9	9
RK-136	0,0	0,0	35	—	8	9	8
RK-108	0,0	0,0	38	—	9	9	9
RK-122	0,0	0,0	32	—	8	9	8
A-193	0,0	0,0	35	—	8	9	9
RK-167	0,0	0,0	30	—	9	9	9
RK-145	0,0	0,0	34	—	9	9	8
Talamanca	250,96	25,0	34	65,0	7	7	5
Puricise	23,14	8,0	41	46,0	8	7	6

^{1/} Promedio de evaluación, escala CIAT (1987 b); 1 a 9.

Cuadro 10. Valores medios del rendimiento y otras características agronómicas de ocho cultivares de frijol “Red Kidney” (*Phaseolus vulgaris* L.), grano seco, Alajuela, Costa Rica, 1992.

Línea	Rendimiento		Madurez fisiológica (días)	Adaptación ^{1/}		Volcamiento (%)	Mustia ^{1/} Hilachosa
	Comercial (kg/ha)	No Comercial g/3,6 m ²		Vegetativa	Reproductiva		
RK-128	1720,37 bcd ^{2/}	29,67	73,0 b	1,0	2,0	39,60 b	3,0
RK-107	1279,63 d	57,33	66,0 d	3,0	2,0	59,71 b	4,0
RK-136	1853,70 bc	23,3	70,6 c	2,0	2,0	51,14 ab	4,0
RK-108	1627,78 cd	29,33	72,0 bc	3,0	2,0	45,00 ab	4,0
RK-122	1762,9 bcd	51,33	70,0 c	3,0	3,0	56,99 a	4,0
A-193	1622,22 cd	57,33	80,0 a	3,0	2,0	45,00 ab	4,0
RK-167	752,78 e	21,67	64,0 d	3,0	2,0	45,00 ab	4,0
RK-145	1677,78 cd	53,33	70,0 a	4,0	2,0	57,29 a	3,0
Talamanca	2744,44 a	17,67	80,0 a	2,0	1,0	45,85 ab	1,0
Puricise	2229,63 b	32,67	80,0 a	2,0	1,0	52,77 ab	1,0

^{1/} Promedio de evaluación, escala CIAT (1987 b); 1 a 9.

^{2/} Medias con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas según prueba de Duncan al 5%.

otras líneas de “Red Kidney” estuvo comprendido entre los 70 y 73 días, a excepción de la línea A-193 que duró 80 días a madurez fisiológica, al igual que los testigos Puricise y Talamanca.

Las líneas de “Red Kidney” con mayor rendimiento fueron RK-136, RK-122 y RK-128, con una producción de 1853, 1762 y 1720 kg/ha, respectivamente, pero inferiores en un 44% al testigo

Talamanca. Otras líneas de “Red Kidney” que superaron los 1500 kg/ha, fueron RK-145, RK-108 y A-193 con rendimientos de 1677, 1627 y 1622 kg/ha, respectivamente. Esto indica que para grano seco, en condiciones óptimas para desarrollo vegetativo (ausencia de pudrición radical, Antracnosis y Mustia Hilachosa, el potencial de las líneas de “Red Kidney” es inferior al de Talamanca pero satisfactorios para una producción comercial de este grano que obtiene hasta un 300% más de precio por kilogramo; además los cultivares de grano pequeño tipo mesoamericano son más productivos que los frijoles grandes tipo andino.

Todos los rendimientos alcanzados en la Estación Experimental Fabio Baudrit fueron altos; esto concuerda con experimentos realizados anteriormente en Alajuela, ya que en esa localidad, las condiciones ambientales favorecen un buen desarrollo del frijol (Araya 1977; MAG 1984). La línea RK-122 fue de alto rendimiento también en la localidad de Puriscal.

Se presentó incidencia de Mustia Hilachosa, en los inicios del cultivo (etapas R2 y R3). No hubo avance de este patógeno debido al cambio en las

condiciones ambientales, que no favorecieron su desarrollo.

En el Cuadro 11 se puede observar los valores medios del rendimiento y otras características agronómicas del frijol tipo “Red Kidney” grano tierno. No hubo diferencias significativas para el rendimiento. Se incluyen las producciones de grano seco de los testigos de frijol negro, para comparar el potencial de producción, considerando que el grano seco posee un mínimo de 26% menos de agua que el frijol tierno. No existen datos en Costa Rica de rendimiento de “Red Kidney” grano tierno con los cuales se puede comparar; pero si se relaciona con el grano seco se puede observar que el rendimiento en la mayoría de los casos es mayor, aunque no hubo diferencias importantes con respecto a los testigos.

DISCUSION

Las líneas de frijol que se evaluaron en esta investigación fueron formadas y desarrolladas en condiciones edafoclimáticas diferentes a los sitios

Cuadro 11. Valores medios del rendimiento de grano tierno en madurez fisiológica y otras características agronómicas de líneas de frijol “Red Kidney” (*Phaseolus vulgaris* L.), Alajuela, Costa Rica, 1992.

Línea	Rendimiento (kg/ha)	N° de vainas/3,6m ² ^{1/}	N° de granos/3,6m ² ^{1/}
RK-128	2348,08 a ^{2/}	5,92 ab	15,98 a
RK-107	2670,30 a	5,77 b	14,33 ab
RK-136	3416,64 a	5,99 ab	16,06 ab
RK-108	3288,88 a	5,87 ab	16,09 ab
RK-122	3374,06 a	6,27 a	15,98 ab
A-193	2485,16 a	5,87 ab	13,79 b
RK-167	2348,09 a	6,02 ab	13,43 b
RK-145	3335,19 a	6,21 a	15,78 ab
Talamanca	2744,44 a ^{3/}	—	—
Purisice	2229,63 a ^{3/}	—	—

^{1/} Datos transformados por a \sqrt{x} .

^{2/} Medias con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas según prueba de Duncan al 5%.

^{3/} Rendimiento en grano seco.

empleados en esta evaluación. Esto influyó en la mala adaptación mostrada en Puriscal y Esparza, además, la ausencia de resistencia a la pudrición radical y Mustia Hilachosa provocó un bajo rendimiento (Camacho 1968). La pudrición radical afectó más este tipo de materiales exóticos, que a los mesoamericanos, situación que ya se había observado al evaluar en esta zona variedades de habi-chuela. En relación con la resistencia a la Mustia Hilachosa, los materiales que han mostrado mayor resistencia son los mesoamericanos. Esto indica la necesidad de incorporar resistencia a estos dos patógenos, si se pretende obtener material de frijol exótico de amplia adaptación a las condiciones edafoclimáticas, donde se siembra frijol común a nivel comercial, en Costa Rica.

Las líneas de frijol "Red Kidney" y frijol blanco mostraron tolerancia a la antracnosis, sobre todo si se considera la gran variabilidad de razas de antracnosis de Costa Rica, donde Puriscal representa una parte importante de esta variabilidad (Araya 1990). Esto que indica su potencial inicial para siembras en las zonas altas de Costa Rica (altitud superior a 800 m) donde la incidencia de antracnosis es mayor. En Colombia por otro lado se ha encontrado que el frijol blanco es más susceptible que el frijol negro a la antracnosis (CIAT 1980), pero con base en lo mostrado por Corrales (1993) (Comunicación personal), sobre la diferencia en variabilidad de las razas de antracnosis andinas comparadas con las razas mesoamericanas, es de suponer una mayor estabilidad de su resistencia ante las razas mesoamericanas (Menezes y Dianese 1988).

La alta susceptibilidad a la pudrición radical en el frijol blanco y "Red Kidney" sugiere la necesidad del empleo, en siembras comerciales, de la rotación de cultivos y aplicación de fungicidas protectores a la semilla, para así reducir las pérdidas causadas por estos organismos, que están en la mayoría de los suelos agrícolas del mundo (CIAT 1985a y Schwartz 1982) y continuar con la evaluación de germoplasma para seleccionar material resistente o tolerante a estos patógenos para luego usarlos como potenciales progenitores.

El mayor grado de resistencia del frijol blanco a la Mustia Hilachosa (CIAT 1980), indica el potencial de este tipo de frijol para siembras comerciales en zonas donde predomina este patógeno. Evaluaciones de este germoplasma blanco, en zonas como Guanacaste, son importantes para determinar su potencial de empleo para uso comercial o para definir las estrategias de mejoramiento genético. Este tipo de frijol puede abrir nuevas áreas de trabajo y uso en tierras valdías para pequeños agricultores.

La presión de Mustia Hilachosa fue muy alta en la zona de Esparza, dada la reacción que mostró el testigo Talamanca (valores entre 5 y 6). Esto indica la necesidad de evaluar de nuevo los dos tipos de frijol, bajo una menor presión de este hongo, para poder determinar si existe algún grado de tolerancia. Esto debido a que las líneas de frijol que se evaluaron no se han mejorado para resistencia a la Mustia Hilachosa.

Para poder optar por la siembra de frijol Red Kidney en zonas bajas de Costa Rica, se requiere de un programa de mejoramiento genético para hibridación de este tipo de grano. Este aspecto es básico si existe además la posibilidad de exportar este frijol.

En el frijol "Red Kidney" grano tierno, a diferencia del grano seco se cosecha en varias épocas, por lo que requiere mayor mano de obra. Esto implica mayores costos de producción y riesgos de pérdida de calidad o pérdida del producto, unido al rápido deterioro poscosecha (debido a la succulencia del grano), pero este frijol en grano tierno tiene la ventaja de un mayor contenido de agua, por lo que se puede obtener una mayor producción, aunque se obtenga el mismo número de granos.

La línea de frijol blanco PAN-105 estuvo entre los de mayor producción en todas las localidades evaluadas, por lo que se puede indicar como un material promisorio. Es importante evaluarla, bajo las estrategias de protección contra la Mustia Hilachosa; como son cobertura vegetal muerta y com-

bate químico, dado que su precio es más alto y más rentable que el frijol negro o rojo, aunque no se podría sembrar en áreas extensas debido a que los volúmenes de consumo son menores.

En el frijol "Red Kidney" hubo varias líneas que tuvieron buenas producciones como la RK-136, RK-128, RK-122 y la A-193, las cuales se deben volver a evaluar haciendo uso del control químico de la Mustia Hilachosa, en las zonas bajas del país.

LITERATURA CITADA

- ARAYA, C. M.; MORALES, A.; CORDERO, C. 1990. Importancia, Razas Fisiológicas y Selección de materiales resistentes a la Antracnosis en Centroamérica. *In: Proyectos Regionales de Investigación del Programa Cooperativo Regional del Frijol para Centroamérica y El Caribe. PROFRIJOL. Documento N° 90-5. San José, Costa Rica. p. 14-23.*
- ARAYA, R. 1977. Programa de Investigación en leguminosas de grano. *In: Informe Anual, 1976, Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica. p. 107-130.*
- ARAYA, R. 1978. Material promisorio en frijol común blanco, bayo y pinto. *In: Memoria Anual, 1979. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. p. 77-79.*
- ARAYA, R. 1991. Vivero de Frijol Blanco. *In: Informe Anual, 1992, Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica. p. 20-22.*
- CAMACHO, L. 1968. Estabilidad y Adaptabilidad de líneas homocigotas de frijol. *Phaseolus vulgaris* L. y su implementación en la selección por rendimiento. *Revista IICA* 3:165-168.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1980. Programa de frijol. *In: Informe anual 1979. CIAT. Cali, Colombia.*
- _____. 1985a. Frijol: Investigación y producción. Comp. Marcelino López, Fernando Fernández y Aart Van Schoonhoven. Cali, Colombia. p. 9-202.
- _____. 1985b. Informe anual 1984. Programa de frijol. Documento de trabajo N° 8.
- _____. 1987a. IBYAN 1985. Frijol Arbustivo. Cali, Colombia. p. 271-453.
- _____. 1987b. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma en frijol. Comp. Aart Van Schoonhoven; Marcial A. Pastor Corrales. Cali, Colombia. p. 56.
- _____. 1987c. Programa de Frijol. Informe Anual 1986. Cali, Colombia. p.58.
- _____. 1989. IBYAN 1987. Frijol Arbustivo. Cali, Colombia. p.294.
- COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (MAG). 1984. *In: Memoria Anual de la Dirección de Investigaciones Agrícolas, 1983. San José, Costa Rica. p. 148-160.*
- DEAKJIN, J. R. 1974. Association of seed color with emergence and seed yield of snap beans. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99(2) 110-114.
- MAROTO S. A. 1962. El Frijol Común. Curso Técnico Sinóptico de Algunos Cultivos de San José, Costa Rica. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. p. 26.
- MENEZES, J. R.; DIANESE, J. C. 1988. Race characterization of Brazilian isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* and detection of resistance to antracnose in *Phaseolus vulgaris*. *In: Phytopathology* 78(6) : 650-655.
- SABORIO; BEEBE, E. 1995. Mejoramiento para tolerancia a bajo fósforo en Costa Rica. *In: Mejoramiento y manejo agronómico del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) para adaptación en suelos de bajo fósforo. San José, Costa Rica. PROFRIJOL-CIAT-Universidad de Costa Rica. Taller sobre bajo fósforo en el cultivo del frijol. p. 9-18.*

-
- SCHWARTZ, H.F. 1982. Enfermedades del Frijol Causadas por Hongos y su Control. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 62.
- ZAMORA, A.; ARAYA, R.; SOLERA, E.; MORALES, A. 1986. Programa de Investigación en Leguminosas de Grano. UCR-MAG. *In: Memoria anual* 1987, Estación Experimental Fabio Baudrit M. Universidad de Costa Rica. p. 192-198.
- ZAMORA, A.; ARAYA, R. 1988. Programa de Investigación en Leguminosas de Grano. UCR-MAG. *In: Memorial Anual 1988*, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. p. 78-80.s.
-