

“UCR 55” VARIEDAD DE FRIJOL COMÚN MESOAMERICANO DE GRANO NEGRO

Rodolfo Araya-Villalobos¹, Néstor Felipe Chaves-Barrantes^{2/*},
Juan Carlos Hernández-Fonseca³, Carlos Cordero-Morales⁴

Palabras clave: Andisol; antracnosis; baja fertilidad; *Phaseolus vulgaris* L.

Keywords: Andisol; anthracnose; low fertility; *Phaseolus vulgaris* L.

Recibido: 04/06/2021

Aceptado: 30/08/2021

RESUMEN

Introducción. La deficiencia de fósforo (P) es una de las mayores limitantes para la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en especial en las regiones tropicales. La identificación y el uso de cultivares tolerantes es esencial para reducir los costos de producción y la dependencia de los fertilizantes para suplir las necesidades de P. **Objetivo.** Describir el proceso de desarrollo y características agronómicas de la variedad UCR 55. **Materiales y métodos.** Esta variedad provino del cruzamiento NAB 44 // ROS 24 / G 13689, realizado en el Centro Internacional de Agricultura Tropical en Colombia. Fue evaluada de 1993 al 2000, por la Universidad de Costa Rica y el Ministerio de Agricultura y Ganadería. El desempeño agronómico y características de UCR 55 se determinaron con base en la evaluación de 6 viveros, 21 ensayos, 7 parcelas de validación y 5 parcelas comerciales, llevados a cabo en 15 localidades de Costa Rica. **Resultados.** UCR 55 es una variedad de grano negro opaco, con un peso promedio de 19,4 g en 100 semillas.

ABSTRACT

“UCR 55” black-seeded Mesoamerican common bean cultivar. Introduction. Phosphorus (P) deficiency is considered one of the major constraints for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production, in particular across the tropics. Identification and use of tolerant cultivars are essential for reducing production costs and farmers' dependence on fertilizers to overcome phosphorus deficiencies. **Objective.** To describe the process of development and the agronomic characteristics of cultivar UCR 55. **Materials and methods.** This cultivar was developed from the NAB 44 // ROS 24 / G 13689 cross made at Centro Internacional de Agricultura Tropical in Colombia. It was evaluated from 1993 to 2000, by the Universidad de Costa Rica and the Ministerio de Agricultura y Ganadería. The agronomic performance and the traits of UCR 55 were determined through 6 nurseries, 21 trials, 7 validation plots and 5 commercial plots, carried out at 15 locations in Costa Rica. **Results.** UCR 55 is a dull black-seeded cultivar, with a mean

* Autor para correspondencia. Correo electrónico: nestor.chaves@ucr.ac.cr

1 Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica.

 0000-0001-8284-5856.

2 Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica.

 0000-0001-8465-8130.

3 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), San José, Costa Rica.

 0000-0002-1915-3213.

4 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Dirección Regional Central Sur, Puriscal, Costa Rica.

 0000-0001-9945-179X.

En condiciones experimentales en suelos andisolés, obtuvo un rendimiento mayor a 1200 kg.ha⁻¹ sin la adición de P. El rendimiento de UCR 55 en la etapa de validación fue de una media de 1336 comparado a 1000 kg.ha⁻¹ del testigo comercial Guaymí. Además, UCR 55 rindió hasta 2345 kg.ha⁻¹ en suelos volcánicos (Frajanes) durante esta fase. UCR 55 posee una arquitectura erecta (tipo II), resistencia (valor ≤ 3) a *Colletotrichum lindemuthianum* y resistencia intermedia (valor ≤ 6) a *Pseudocercospora griseola* y a *Thanatephorus cucumeris*. **Conclusiones.** La adaptación de UCR 55 con suelos pobres en P (<10 ppm) y su resistencia a *C. lindemuthianum*, la hacen una variedad adecuada para la siembra de frijol en zonas con una altitud superior a 1000 msnm en Costa Rica.

100-seed weight of 19.4 g. Under experimental conditions in andisol soil, it yielded more than 1200 kg.ha⁻¹ without phosphorus addition. The yield of UCR 55 in the validation phase was 1336 compared to 1000 kg.ha⁻¹ for the commercial check Guaymí. In addition, this cultivar yielded up to 2345 kg.ha⁻¹ in volcanic soils during validation. UCR 55 has an erect architecture (type II), resistance (value ≤ 3) to *Colletotrichum lindemuthianum* and intermediate resistance (value ≤ 6) to *Pseudocercospora griseola* and *Thanatephorus cucumeris*. **Conclusions.** The adaptation to low P soils (<10 ppm) and its resistance to *C. lindemuthianum*, UCR 55 is a cultivar suitable for common bean production in areas over 1000 masl in Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un componente básico de la dieta en Costa Rica, donde el 97% de la población lo consume (Rodríguez-González y Fernández-Rojas 2015). Su cultivo se ubica principalmente en los cantones de La Cruz, Upala, Los Chiles, Pérez Zeledón y Buenos Aires, en un rango de altitud que varía entre los 40 y 750 msnm. Su producción está principalmente en manos de pequeños productores, con explotaciones menores a las 5 ha (Hernández-Fonseca 2009b).

Los productores de frijol enfrentan varias limitaciones que afectan el rendimiento del cultivo, entre ellas los patógenos, las condiciones climáticas adversas como exceso o ausencia de precipitaciones, y altas temperaturas y problemas edáficos. En zonas bajas e intermedias, menores a 1000 msnm, las enfermedades de origen fungoso más frecuentes y problemáticas en Costa Rica son la mancha angular, causada por *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun, y la mustia hilachosa, causada por *Thanatephorus*

cucumeris (Frank) Dong (Hernández *et al.* 1999, Araya y Hernández 2003). Sobre los 1000 msnm, en zonas más frescas, se presenta *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib. (antracnosis), que puede llegar a ocasionar pérdidas hasta del 100% (Rosas *et al.* 2000, Araya y Hernández 2003, Singh y Schwartz 2010). En los últimos 30 años, el nematodo *Aphelenchoides besseyi* Christie, causante del “amachamiento” se ha convertido un problema creciente en las zonas de producción (Chaves-Barrantes y Araya-Fernández 2012, Chaves *et al.* 2013). Además, las larvas de los brúquidos *Acanthoscelides obtectus* Say y *Zabrotes subfasciatus* Boheman, también pueden afectar la calidad del grano y causar pérdidas considerables (hasta 35%) durante el almacenamiento (Ishimoto y Chrispeels 1996, Miklas *et al.* 2006, Singh y Schwartz 2011).

Los suelos donde se siembra frijol en Costa Rica, son predominantemente ultisoles de baja fertilidad, con niveles de fósforo (P) menores a 10 ppm (Hernández-Fonseca 2009a). Además, en zonas con altitudes iguales o mayores a 1200 msnm, en especial hacia el este y norte

del Valle Central, en las faldas de los volcanes y algunas áreas del cantón de Coto Brus, se siembra frijol para autoconsumo y para aprovechar las podas del café (González *et al.* 1986, Araya y Zamora 1988). En estos lugares, predominan los suelos de tipo andisol, cuya arcilla alofana es capaz de fijar entre el 70 y 95% del fósforo (Alvarado *et al.* 2001).

La deficiencia de fósforo es considerada como una de las mayores limitantes para la productividad de los cultivos, en especial en los trópicos y subtropicos (Ramaekers *et al.* 2010) y en el caso de frijol se estima que un 50% del área cultivada a nivel mundial sufre de esta problemática (Beebe *et al.* 2009). La manera más eficiente para aminorar el problema de fertilidad por bajo nivel de fósforo, es la aplicación de fertilizantes con alto contenido de este nutriente. Sin embargo, el costo económico y ambiental, supone poca viabilidad de esta opción para las condiciones de producción de los pequeños productores de frijol en los países en desarrollo (Beebe *et al.* 2006). Además, se estima que las reservas de fósforo a nivel mundial podrían acabarse en los próximos 60-80 años (Beebe *et al.* 2006).

La identificación y el uso de genotipos más eficientes en la adquisición y utilización del fósforo, es la mejor estrategia para la producción de frijol en suelos con bajos niveles de este nutriente (Beebe 2012, Assefa *et al.* 2019). También reduce la dependencia de los productores del uso de fertilizantes (Singh *et al.* 2003). La capacidad de explorar un mayor volumen de suelo en ambientes con niveles limitantes de fósforo, varía entre genotipos y es heredable (Mourice y Tryphone 2012). Los progresos

en mejoramiento genético se han logrado con genotipos que presentan mayor cantidad de raíces basales y con ángulos de inserción más rectos, mayor abundancia de raíces adventicias y mayor densidad de raíces laterales (Lynch 2019, Camilo *et al.* 2021). Recientemente se han identificado genotipos mesoamericanos de grano negro tolerantes a bajo P como SEN 56 y NCB 226 (Smith *et al.* 2019), sin embargo, en Costa Rica la investigación con énfasis en baja fertilidad data de la década de los 90. El objetivo del presente trabajo fue describir el proceso de desarrollo y las características agronómicas de la variedad UCR 55.

MATERIALES Y MÉTODOS

La línea NJBC-20601-1-CM(71V) (UCR 55) proviene del cruzamiento triple NAB 44 // ROS 24 / G 13689, realizado por el Programa de Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Palmira, Valle, Colombia (N 03°30', O 76°21', 965 msnm). Fue introducida a Costa Rica en mayo de 1993, en un grupo de 45 poblaciones F_2 procedentes del CIAT, para la búsqueda de tolerancia a bajo fósforo, y resistencia a *T. cucumeris* y *C. lindemuthianum*. Durante el segundo semestre de 1993, las poblaciones F_2 se sembraron en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM) de la Universidad de Costa Rica, localizada en Alajuela, Costa Rica y otras localidades (Tabla 1). El manejo agronómico de las poblaciones no incluyó aplicación de fungicidas y con base en el método masal de una vaina por planta, se seleccionaron 67 familias F_3 .

Tabla 1. Localidades donde se evaluaron los experimentos y parcelas de validación para determinar las características agronómicas y potencial de rendimiento de la variedad de frijol común UCR 55 (*Phaseolus vulgaris* L.). Costa Rica. 1993 - 2000.

Localidad	Cantón	Provincia	Región	Localización geográfica	Altitud (msnm)
EEAFBM [†]	Alajuela	Alajuela	Central	N 10°00'26" O 84°15'57"	840
SEF ^{††}	Alajuela	Alajuela	Central	N 10°08'15" O 84°11'36"	1742
Cedral	Aserri	San José	Central	N 09°49'52" O 84°08'02"	1864
Bajo Loaiza	Mora	San José	Central	N 09°49'26" O 84°14'56"	840
La Fila	Mora	San José	Central	N 09°51'50" O 84°16'21"	992
El Estero	Puriscal	San José	Central	N 09°51'42" O 84°17'29"	1005
La Legua	Puriscal	San José	Central	N 09°49'23" O 84°21'16"	1109
El Parque	Los Chiles	Alajuela	Huetar Norte	N 10°57'14" O 84°39'59"	48
Bijagua	Upala	Alajuela	Huetar Norte	N 10°43'49" O 85°03'23"	445
La Vega	San Carlos	Alajuela	Huetar Norte	N 10°25'20" O 84°31'23"	86
Tujankir	Guatuso	Alajuela	Huetar Norte	N 10°45'57" O 84°53'27"	112
Bijagual	Buenos Aires	Puntarenas	Brunca	N 09°03'37" O 83°21'07"	387
Chánguena	Buenos Aires	Puntarenas	Brunca	N 08°55'38" O 83°13'29"	462
Concepción	Buenos Aires	Puntarenas	Brunca	N 09°06'04" O 83°28'06"	540
Veracruz	Pérez Zeledón	San José	Brunca	N 09°06'00" O 83°32'37"	615

[†] Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. Universidad de Costa Rica.

^{††} Sub Estación Fraijanes. Universidad de Costa Rica.

En el primer semestre de 1994 se evaluaron las 67 familias F_3 en El Estero de Puriscal y en el segundo semestre en la EEAFBM en Alajuela. Mediante la escogencia de una vaina por planta, se obtuvieron 375 selecciones

individuales F_4 , que fueron evaluadas en El Estero de mayo a julio de 1995. De ellas, se avanzaron 10 líneas promisorias F_5 , que no mostraron incidencia de *C. lindemuthianum* y *P. griseola* (Tabla 2).

Tabla 2. Líneas F₅ de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) seleccionadas por su resistencia a *Colletotrichum lindemuthianum* (antracnosis) y a *Pseudocercospora griseola* (mancha angular) bajo inóculo natural. Puriscal, San José, Costa Rica. Julio, 1995.

Línea	Genealogía	Color [†]
NXBC-20594-2-CM(37V)	XAN 283 /// NAB 31 // G 4017 / G 19833	N Op
NHXC-20599-2-CM(64V)	XAN 283 /// NAB 38 // G 4017 / G 12539	N Op
NJBC-20601-1-CM(71V)	NAB 44 // ROS 24 / G 13689	N Op
NJBC-20601-4-CM(55V)	NAB 44 // ROS 24 / G 13689	N Br
NJBC-20604-1-CM(70V)	NAB 38 // NAB 38 / G 19833	N Op
NJIC-20607-1-CM(44V)	NAB 38 / SEL1277	N Op
NJIC-20607-2-CM(62V)	NAB 38 / SEL1277	N Op
RXHI-20382-1-CM(70V)	NAB 38 / SEL1359	N Op
NJTC-20610-2-CM(58V)	MUS 130 /// XAN 275 // RAB 487 / A 247	N Br
NHXC-20599-2-CM(64V)	XAN 283*(NAB 38*(G 4017*G 12539)	N Op

[†]Color del grano: N = negro; Op = opaco; Br = brillante.

En 1996 en la Sub Estación Experimental Fraijanes (SEF) de la Universidad de Costa Rica, se evaluaron las 10 líneas promisorias F₅ seleccionadas en Puriscal (Tabla 1). Se sembraron parcelas de 250 m² en un terreno con suelo andisol y sin la adición de insumos. Se seleccionó la línea NJBC-20601-1-CM(71V), por su productividad y resistencia a *C. lindemuthianum* y *P. griseola*, y se incluyó en el Ensayo Nacional de Adaptación y Rendimiento (ENAR).

Durante 1997 y 1998, la línea NJBC-20601-1-CM(71V) (UCR 55) fue evaluada en el Ensayo Nacional de Adaptación y Rendimiento (ENAR). Este experimento estuvo conformado por 16 genotipos en 1997: 12 líneas promisorias, la variedad Guaymí (Hernández-Fonseca y Araya-Villalobos 2009) como testigo nacional de grano negro, la variedad Chirripó Rojo

(Hernández-Fonseca y Araya-Villalobos 2009) como un testigo nacional de grano rojo, y 2 testigos locales, uno de grano negro y otro de grano rojo, que variaron según la localidad donde se sembró el ENAR. En 1998, se evaluaron 8 líneas promisorias, por lo que el total de genotipos evaluados fue de 12. Para el ENAR se evaluaron 10 localidades: Bijagua, Bijagual, Chánguena, Concepción, El Parque, El Estero, La Legua, La Vega, Tujankir, y Veracruz donde se sembraron un total de 17 experimentos. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones, y la unidad experimental estuvo conformada por 6 hileras de 2,5 m de largo, separadas a 0,5 m. La reacción de las líneas de frijol del ENAR a los patógenos, fue evaluada con la escala estándar de 1 a 9 del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); donde 1 = sin síntomas visibles

y 9 = síntomas de la enfermedad muy severos (CIAT 1987).

En 1998, UCR 55 fue evaluada en el Vivero Histórico de Frijol Común, conformado por 31 genotipos: 7 líneas promisorias introducidas, 9 variedades comerciales liberadas antes de 1990, 5 variedades nativas de uso comercial, 5 líneas promisorias UCR y 5 variedades comerciales liberadas después de 1990. Este vivero fue sembrado en la EEAFB en Alajuela, en un terreno de baja fertilidad, con alta incidencia natural *P. griseola*, *U. phaseoli*, *Chaetoseptoria* sp., *T. cucumeris* y BGYMV, e inoculado con *C. lindemuthianum*. Para evaluar la reacción de los genotipos de frijol del Vivero Histórico a los patógenos, se empleó la escala estándar (CIAT 1987).

La UCR 55 se evaluó en el Vivero para Baja Fertilidad y Factores Abióticos, conformado por 49 genotipos. Se sembró en las localidades de Fraijanes (01-06-1999) y Alajuela (06-10-1999), en 2 condiciones, con y sin adición de fósforo. En Alajuela se fertilizó con 50 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y en Fraijanes con 200 kg.ha⁻¹ de este fertilizante. Se empleó un diseño de látice 7x7 con 3 repeticiones. En Alajuela se sembró una hilera de 5,0 m por genotipo y en Fraijanes 2 hileras de 2,0 m y espaciadas a 0,6 m. Se inoculó 2 veces con una suspensión de conidios de *C. lindemuthianum*, (1x10⁶ conidios/ml) mientras que se trabajó con el inóculo natural de *P. griseola*, *U. phaseoli*, *Chaetoseptoria* sp. y BGYMV.

El 07 de octubre de 1999, se sembró también en la EEAFB, Alajuela el Vivero de Líneas Avanzadas de Frijol (LINAFA), conformado por 139 genotipos, incluido UCR 55, y que se evaluó bajo condiciones de baja fertilidad (suelo con <10 ppm de P, sin adición de fertilizante en un período de 5 años y con rotaciones maíz-frijol), inoculación de *C. lindemuthianum* e incidencia natural de *P. griseola*, *U. phaseoli* y *Chaetoseptoria* sp. La unidad experimental fue una hilera de 2,0 m de largo espaciada a 0,6 m, con una repetición por genotipo.

La fase de validación comercial de UCR 55 inició en mayo de 1999 y se sembraron parcelas en Concepción, El Estero, El Parque, Fraijanes y Veracruz. Este cultivar se evaluó junto con la variedad Bribri (Hernández *et al.* 2001, Rosas *et al.* 2003) y los testigos nacionales Guaymí y Chirripó Rojo. Además, entre mayo y julio del 2000 se llevó a cabo una prueba comercial, en los cantones de Puriscal, Mora y Aserrí. Para ello se sembraron parcelas de 1500 m² en las comunidades de Bajo Loaiza, Cedral, El Estero, La Fila y La Legua.

La UCR 55 fue evaluada en 15 localidades, 4 de ellas localizadas en las principales zonas de producción de frijol de Costa Rica. La altitud de los sitios de evaluación varió desde los 48 msnm en El Parque hasta los 1864 msnm en Cedral. Se cubrió todo el rango de altitud, edáfico, climático y de zonas de vida donde se ubica la producción comercial. Las áreas de siembra están localizadas en el bosque premontano muy húmedo (bmh-P) y el bosque húmedo tropical (bh-T) de acuerdo con las zonas de vida de Holdridge (1978). De 1993 al 2000, UCR 55 se incluyó en 6 viveros, 21 ensayos, 7 parcelas de validación y 5 parcelas comerciales, para determinar su resistencia a los patógenos, desempeño agronómico y potencial de rendimiento.

Los datos de rendimiento obtenidos en los distintos ensayos fueron analizados con los programas estadísticos Statistica 6.0 (StatSoft, Inc. 1984-2001) e Infostat/L (versión 2017) para determinar diferencias estadísticas a una p<0,05, mediante un análisis combinado para las distintas épocas de siembra y localidades. Mediante observaciones de campo se registró la fenología y también se hizo una descripción de las principales características morfológicas de la variedad UCR 55, según los descriptores indicados en las guías de Muñoz *et al.* (1993) y Rosas *et al.* (2009), información fundamental para distinguirla de otras variedades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La línea NJBC-20601-1-CM(71V) ingresó en 1993 a Costa Rica como una F_2 y después de ser evaluada y avanzada en las localidades de Alajuela, Puriscal y Fraijanes. En 1996, se incluyó como F_6 en el ENAR por su productividad y resistencia a *C. lindemuthianum* y *P. griseola*, con calificación de 3 en ambos casos, de acuerdo con la escala estándar de 1 a 9, del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT 1987). En ese año, se bautizó como UCR 55, por provenir del proyecto de selección de líneas promisorias de frijol para baja fertilidad de la Universidad de Costa Rica.

En el ENAR, evaluado durante 1997 y 1998, la UCR 55 obtuvo un rendimiento promedio

de 985 kg.ha⁻¹, que no difirió de los testigos nacionales de la época, Guaymí de grano negro y Chirripó Rojo de grano rojo, ni de la variedad de grano rojo Bribrí (Tabla 3), reconocida por su alto rendimiento (Hernández *et al.* 2001). El desempeño de UCR 55 en las regiones Brunca y Huetar Norte, principales regiones de producción de frijol en Costa Rica (Hernández-Fonseca 2009b), no difirieron de los testigos comerciales. Sin embargo, en la región Central, en la zona de Puriscal, UCR 55 aportó un rendimiento promedio superior a los testigos nacionales y a Bribrí. Además, generó una productividad estable durante los 2 años de evaluación, en contraste con la irregularidad mostrada en las localidades de las regiones Brunca y Huetar Norte.

Tabla 3. Rendimiento promedio (kg.ha⁻¹) de la variedad de frijol común UCR 55 (*Phaseolus vulgaris* L.), comparado con los testigos nacionales de grano negro (Guaymí) y rojo (Chirripó Rojo) y la variedad de grano rojo Bribri en el Ensayo Nacional de Adaptación y Rendimiento (ENAR). Costa Rica, 1997-1998.

Región / Localidad	Época de siembra [†]	Rendimiento promedio (kg.ha ⁻¹) ^{††}				
		UCR 55	Guaymí	Chirripó Rojo	Bribri	Experimento
Región Brunca						
Concepción	1997-A	1481 ab	1521 ab	1707 ab	1215 b	1524
Veracruz	1997-A	576 b	487 b	703 ab	582 b	663
Bijagual	1997-B	957 a	835 a	725 a	1047 a	872
Chánguena	1997-B	731 b	692 b	714 b	1200 a	713
Concepción	1997-B	659 a	532 a	676 a	669 a	619
Concepción	1998-A	652 c	1327 ab	1232 ab	896 bc	1094
Veracruz	1998-A	824 a	774 a	322 b	934 a	623
Bijagual	1998-B	1464 abc	1670 ab	1026 c	1248 bc	1356
Concepción	1998-B	1016 a	1114 a	764 a	695 a	910
Promedio		929 a	995 a	874 a	943 a	
Región Central						
La Legua	1997-A	1520 ab	1560 a	1301 ab	1291 ab	1328
El Estero	1997-B	1275 a	748 bc	617 c	696 c	676
El Estero	1998-A	1068 a	655 a	791 a	678 a	759
El Estero	1998-B	966 a	706 b	399 c	746 b	796
Promedio		1207 a	917 bc	777 c	853 bc	
Región Huetar Norte						
Bijagua	1997-C	487 a	553 a	633 a	528 a	535
La Vega	1997-C	1336 b	1565 a	1290 b	1512 a	1238
Tujankir	1997-C	693 a	577 a	697 a	368 a	564
El Parque	1998-C	1040 b	1318 ab	941 b	1310 ab	1178
Promedio		889 a	1003 a	890 a	930 a	
Promedio general		985 a	936 a	937 a	918 a	

[†] Época de siembra = A (May-Ago); B (Oct-Ene); C (Dic-Mar).

^{††} Para cada localidad, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre promedios de rendimiento por variedad.

En el Vivero para Baja Fertilidad y Factores Abióticos sembrado en Fraijanes, UCR 55 junto con DICTA 17, A 752, y G 11640, se evidenció el mayor rendimiento de los 49 genotipos evaluados sin la adición de fósforo, mientras que el mejor genotipo fue al que se le adicionó fósforo (Tabla 4). Alajuela UCR 55, no difirió del genotipo con mayor producción al agregarse fósforo. Su

rendimiento fue igual al tercer mejor genotipo cuando no se agregó este nutriente. En todos los casos, el rendimiento de UCR 55 fue superior a la media del experimento (Tabla 4). Estos resultados demostraron la adaptación de la variedad UCR 55 a una condición de bajo fósforo y suelos volcánicos de tipo andisol como los de Fraijanes, localidad situada a una altitud de 1742 msnm.

Tabla 4. Rendimiento promedio (kg.ha⁻¹) de los mejores 10 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), en el Vivero para Baja Fertilidad y Factores Abióticos sembrado con y sin la adición de fósforo en Alajuela y Fraijanes. Costa Rica, 1999.

N°	Fraijanes (Junio, 1999)				Alajuela (Octubre, 1999)			
	Sin fósforo		Con fósforo		Sin fósforo		Con fósforo	
	Genotipo	Rend.	Genotipo	Rend.	Genotipo	Rend.	Genotipo	Rend.
1	UCR 55	1214	UCR 55	1356	FEB 192	973	G 3513	995
2	DICTA 17	923	A 321	991	Carioca	939	G 17649	987
3	A 752	906	V 8025	929	FEB 190	871	G 4637	972
4	G 11640	904	Río Tibagí	927	DICTA 17	797	G 21212	914
5	G 13755	725	G 13755	886	UCR 55	795	G 983	898
6	G 17649	724	G 1977	844	A 483	764	Carioca	868
7	G 15047	685	G 20003	831	V 8025	761	G 15047	854
8	VAX 1	671	SEA 13	786	Compuesto Chimaltenango 2	720	VAX 1	848
9	Compuesto Chimaltenango 2	664	Negro INIFAP	766	MAR 1	703	UCR 55	844
10	CAP 4	659	MAR 1	752	MAM 38	620	G 3096	814
Promedio experimento		458		497		368		498
Dms		412		79		110		286

Durante los ENAR realizados en El Estero, el Vivero Histórico y Vivero LINAFA en Alajuela, UCR 55 mostró una alta resistencia a *C. lindemuthianum* (antracnosis), y su calificación, excepto en el Vivero Histórico de 1999, fue igual o menor 3 (Tabla 5). La resistencia a ese patógeno fue evidente en el Vivero para Baja Fertilidad y Factores Abióticos, sembrado Fraijanes en 1999 (Figura 1). La antracnosis es una enfermedad común en zonas de altitud media y alta (sobre 1000

msnm) y con temperaturas frescas, de 18 a 22°C (Araya-Fernández 2009), por lo que UCR 55 se convirtió en una opción para áreas de producción con estas condiciones, usualmente situadas en la región Central de Costa Rica. Esta característica de la variedad, más su buen desempeño en condiciones de bajo fósforo, lograron explicar, los mayores rendimientos de UCR 55 en localidades alrededor o sobre los 1000 m de altura, como las de la zona de Puriscal, Alajuela y Fraijanes.

Tabla 5. Reacción de la variedad de frijol común UCR 55 (*Phaseolus vulgaris* L.) a *Colletotrichum lindemuthianum* (antracnosis), *Pseudocercospora griseola* (mancha angular) y *Thanatephorus cucumeris* (mustia hilachosa) en el Ensayo Nacional de Adaptación y Rendimiento (ENAR), el Vivero Histórico de Frijol Común y el Vivero de Líneas Avanzadas de Frijol. Costa Rica. 1997-1999.

Ensayo [†]	Localidad	Época de siembra ^{††}	Valor máximo ^{†††}			
			UCR 55	Guaymí	Chirripó Rojo	Bribí
<i>Colletotrichum lindemuthianum</i> (antracnosis)						
ENAR	El Estero	1997-B	2	4	4	4
ENAR	El Estero	1998-B	2	2	4	3
Vivero histórico	Alajuela	1998-A	1	8	5	1
Vivero histórico	Alajuela	1999-B	4	7	6	5
Vivero LINAFA	Alajuela	1999-B	3	-	-	4
<i>Pseudocercospora griseola</i> (mancha angular)						
ENAR	Bijagual	1997-B	3	4	3	4
ENAR	La Legua	1997-A	2	2	2	4
ENAR	El Estero	1997-B	5	4	6	4
ENAR	El Estero	1998-A	3	4	6	5
Vivero histórico	Alajuela	1998-A	1	5	6	6
Vivero histórico	Alajuela	1999-B	4	5	4	4
Vivero LINAFA	Alajuela	1999-B	3	-	-	5
<i>Thanatephorus cucumeris</i> (mustia hilachosa)						
ENAR	Bijagual	1997-B	4	4	4	4
ENAR	Chánguena	1997-B	6	7	7	6
ENAR	Veracruz	1998-A	6	5	8	3
ENAR	El Estero	1998-A	4	4	5	4
ENAR	Bijagual	1998-B	6	6	7	6
ENAR	El Parque	1998-C	2	3	7	4

[†] Ensayo Nacional de Adaptación y Rendimiento (ENAR), Vivero Histórico de Frijol Común (Vivero histórico), Vivero de Líneas Avanzadas de Frijol (Vivero LINAFA).

^{††} Época de siembra = A (May-Ago); B (Oct-Ene); C (Dic-Mar).

^{†††} Calificación de la enfermedad (escala de 1-9) donde 1 = sin síntomas visibles y 9 = síntomas de la enfermedad muy severos (CIAT 1987).



Figura 1. Reacción de la variedad UCR 55 (*Phaseolus vulgaris* L.) a la inoculación de conidios de *Colletotrichum lindemuthianum* (antracnosis) en el vivero para baja fertilidad y factores abióticos. Fraijanes, Costa Rica. 1999.

Adicionalmente, UCR 55 presentó resistencia intermedia a *Pseudocercospora griseola* y *Thanatephorus cucumeris*, con calificaciones menores a 6 en varios experimentos. En general, UCR 55 mostró igual o menor susceptibilidad que los testigos comerciales Guaymí y Chirripó Rojo, frente a estos 2 patógenos fungosos, que son los más comunes y responsables de pérdidas en rendimiento en las principales regiones productoras de Costa Rica. Al respecto, en estudios realizados en las localidades de Isla y Medellín de Bravo, Veracruz, y Tapachula, Chiapas, en México, UCR 55 se evidencia que mostró resistencia intermedia a *P. griseola* y a *C. lindemuthianum* con una calificación de 4 y resistencia a *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger var. *appendiculatus* (roya) con una calificación de 2 (López-Salinas *et al.*

2006). El grado de resistencia a *C. lindemuthianum*, *P. griseola*, y *T. cucumeris* mostrado por UCR 55, constata que bajo condiciones climáticas normales y buenas prácticas de manejo, que incluyen el uso de semilla de calidad, mínima labranza y un uso racional de fungicidas (Chaves-Barrantes y Araya-Fernández 2014), los patógenos fungosos no deberían constituir una limitante para la obtención de buenos rendimientos con esta variedad.

El rendimiento promedio de UCR 55 durante la fase de validación, bajo el manejo del productor, fue de 1336 kg.ha⁻¹, y varió desde 620 hasta 2345 kg.ha⁻¹ (Tabla 6). Además, mostró poca adaptación en las localidades de altitudes menores a 750 msnm (Concepción, El Parque y Veracruz), donde su rendimiento fue igual o menor al testigo de grano negro Guaymí y a la

variedad de grano rojo Bribri, reconocida por su buen rendimiento en las condiciones de esas comunidades. Sin embargo, se evidenció que el rendimiento de UCR 55, en localidades con una altitud superior a los 1000 msnm, como El Estero y Fraijanes, duplicó al de Guaymí y al de Bribri, indicativo de su buena adaptación a altitudes medias o altas, y a suelos con baja disponibilidad

de fósforo. El buen rendimiento de UCR 55 en la zona de Puriscal durante 1999, se ratificó en la prueba comercial llevada a cabo en el 2000 en los cantones de Puriscal, Mora y Aserrí, donde obtuvo una producción de 883 kg.ha⁻¹ en La Legua, 1175 kg.ha⁻¹ en Cedral, 1867 kg.ha⁻¹ en Bajo Loaiza, 2162 kg.ha⁻¹ en El Estero y 2200 kg.ha⁻¹ en La Fila.

Tabla 6. Rendimiento promedio de la variedad de frijol común UCR 55 (*Phaseolus vulgaris* L.) en parcelas de validación en fincas de productores y bajo manejo comercial. Costa Rica, 1999-2000.

Localidad	Época de siembra [†]	Rendimiento promedio (kg.ha ⁻¹)			
		UCR 55	Guaymí	Chirripó Rojo	Bribri
Concepción	1999-A	620	1442	1244	900
El Estero	1999-A	1345	655	791	677
Veracruz	1999-A	824	774	322	934
El Estero	1999-B	2162	706	399	746
Concepción	1999-B	1016	1114	764	695
Fraijanes	1999-B	2345	988	941	1310
El Parque	1999-C	1040	1318	941	1310
Media general		1336	1000	772	939
Dms					472

[†] Época de siembra = A (May-Ago); B (Oct-Ene); C (Dic-Mar).

Uno de los parámetros de calidad más importantes del grano de frijol es su tiempo de cocción, y es un factor fundamental para la aceptación de una variedad por los consumidores e industriales (valor comercial), ya que representa economía en el tiempo de preparación y en la energía utilizada (Mora 1982, Pérez-Herrera *et al.* 2002, Corrêa *et al.* 2010). Al respecto, la variedad UCR 55 mantuvo un tiempo de cocción menor a 80 min durante 150 días en condiciones de temperatura ambiente en Alajuela, en un experimento que evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del grano (Oreamuno-Fonseca 2015). UCR 55 logró mantener su grano dentro de la categoría de primera calidad durante un tiempo aproximado

de 5 meses, según el Reglamento Técnico RTCR 384:2004 Frijol en Grano (MEIC *et al.* 2005).

Con base en las condiciones en que fue evaluada y seleccionada, la variedad UCR 55 presentó un hábito de crecimiento indeterminado arbustivo (tipo II) y una arquitectura erecta y compacta. En altitudes iguales o menores a los 1100 msnm, alcanzó la floración entre los 33 y 36 días después de la siembra (dds), la madurez fisiológica entre los 65 y 70 dds, y la madurez de cosecha entre los 78 y 80 dds. En altitudes superiores a los 1700 msnm la floración se alcanzó entre los 55 y 60 dds, la madurez fisiológica entre los 91 y 99 dds, y la madurez de cosecha entre los 104 y 112 dds; debido a que la velocidad del crecimiento y desarrollo de las plantas está en función de la temperatura (Salisbury y Ross 1994, Hatfield y

Prueger 2015). Las flores de UCR 55 son moradas (Figura 2) y las vainas inmaduras verdes; además, al iniciar la maduración, las vainas adquirieron un jaspe morado en la sutura dorsal y al completarse, se tornan amarillo claro con jaspes morados (Figura 3). En ocasiones también presentan

estrías moradas. Las vainas secas son de color crema (Figura 3). Adicionalmente se identificó que el promedio de semillas por vaina es de 6, con forma ovoide y color negro opaco al secarse (Figura 2). El peso promedio de 100 semillas fue de 19,4 g (al 14% de humedad).

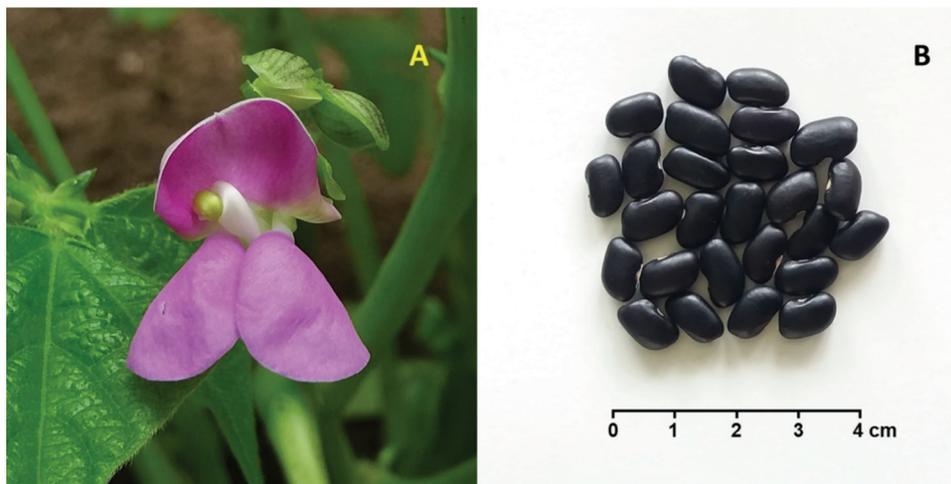


Figura 2. Variedad UCR 55 (*Phaseolus vulgaris* L.). (A) Flor, (B) Semillas, Costa Rica, 2021.



Figura 3. Variedad UCR 55 (*Phaseolus vulgaris* L.). (A) Vainas en inicio de madurez fisiológica, (B) Al completar la madurez, (C) Punto de cosecha. Costa Rica, 2021.

A pesar de que la evaluación de la variedad UCR 55 finalizó en el 2000 con las pruebas comerciales, y ya han pasado más de 20 años desde las investigaciones, se identificó como el único cultivar con buena adaptación a suelos con bajo P y resistencia a *C. lindemuthianum* del que disponen los productores costarricenses. Las demás variedades de grano negro que se utilizan en la actualidad, como Brunca, Guaymí, Matambú y Nambí no fueron generadas para enfrentar esta limitante edáfica.

Semilla de la variedad UCR 55 puede ser obtenida en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM) de la UCR.

RECONOCIMIENTO

La variedad UCR 55 es producto del trabajo conjunto entre la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica, en colaboración con Programa de Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

La investigación que dio origen a UCR 55 fue financiada por la Universidad de Costa Rica (proyecto 736-91-315, inscrito en la Vicerrectoría de Investigación), y por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica. También recibió financiamiento parcial del Programa Cooperativo Regional de Frijol de Centroamérica, México y El Caribe (PROFRIJOL). Se agradece el apoyo del PhD. Stephen E. Beebe del Programa de Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en la generación de la variedad UCR 55.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, A; Bertsch, F; Bornemisza, E; Cabalceta, G; Forsythe, W; Henríquez, C; Mata, R; Molina, E; Salas, R. 2001. Suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles) de Costa Rica. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 111 p.
- Araya-Fernández, CM. 2009. Enfermedades y su combate. In Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Manual de recomendaciones técnicas para el cultivo de frijol. Hernández, JC; Ramírez, L (eds.). San José, Costa Rica, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). p. 63-72.
- Araya, C; Hernández, JC. 2003. Distribución agroecológica de enfermedades del frijol en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 68:26-33.
- Araya, R; Zamora, A. 1988. Efecto del frijol común sobre la productividad del café podado y en formación. Agronomía Costarricense 13(1):93-97.
- Assefa, T; Assibi-Mahama, A; Brown, AV; Cannon, EKS; Rubyogo, JC; Rao, IM; Blair, MW; Cannon, SB. 2019. A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Molecular Breeding 39:20. DOI: 10.1007/s11032-018-0920-0.
- Beebe, SE. 2012. Common bean breeding in the tropics. Plant Breeding Reviews 36(1):357-426.
- Beebe, S; Rao, I; Blair, MW; Butare, L. 2009. Breeding for abiotic stress tolerance in common bean: present and future challenges. Paper presented at: 14th Australian Plant Breeding and 11th Society for Advancement of Breeding Research in Asia and Oceania (SABRAO), Brisbane, Australia. 10-14 Aug. s.p.
- Beebe, SE; Rojas-Pierce, M; Yan, X; Blair, MW; Pedraza, F; Muñoz, F; Tohme, J; Lynch, JP. 2006. Quantitative trait loci for root architecture traits correlated with phosphorus acquisition in common bean. Crop Science 46:413-423. DOI: 10.2135/cropsci2005.0226.
- Camilo, S; Odindo, AO; Kondwakwenda, A; Sibiya, J. 2021. Root traits related with drought and phosphorus tolerance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agronomy 11, 552. DOI: 10.3390/agronomy11030552.
- Chaves-Barrantes, NF; Araya-Fernández, CM. 2012. Pérdidas causadas por el amachamiento del frijol (*Aphelenchoides besseyi* Christie) y reacción del germoplasma comercial al patógeno. Agronomía Mesoamericana 23(1):01-12. DOI: 10.15517/AM.V23I1.2013.
- Chaves-Barrantes, NF; Araya-Fernández, CM. 2014. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el Cultivo de Frijol. Heredia, Costa Rica, Editorial de la Universidad Nacional (EUNA). 129 p.
- Chaves, N; Cervantes, E; Zabalgoeazcoa, I; Araya, CM. 2013. *Aphelenchoides besseyi* Christie (Nematoda: Aphelenchoididae), agente causal del amachamiento del frijol común. Tropical Plant Pathology 38(3):243-252.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma

- de frijol. In Von Schoonhoven, A; Pastor-Corrales, M (eds.). Cali, Colombia, CIAT. 56 p.
- Corrêa, MM; De Carvalho, LMJ; Nutti, MR; De Carvalho, JLV; Neto, ARH; Ribeiro, EMG. 2010. Water absorption, hard shell and cooking time of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). African Journal of Food Science and Technology 1:13-20.
- González, W; Gutiérrez, R; Araya, R. 1986. Análisis económico de la asociación café (*Coffea arabica* L.) frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en cafetales con poda sistémica. Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit M. 19(3):1-9.
- Hatfield, JL; Prueger, JH. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. Weather and Climate Extremes 10(A):4-10. DOI: 10.1016/j.wace.2015.08.001.
- Hernández-Fonseca, JC. 2009a. Clima y suelos. In Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Manual de recomendaciones técnicas para el cultivo de frijol. Hernández, JC; Ramírez, L (eds.). San José, Costa Rica, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). p. 17.
- Hernández-Fonseca, JC. 2009b. Zonas de cultivo y épocas de siembra. In Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Manual de recomendaciones técnicas para el cultivo de frijol. Hernández, JC; Ramírez, L (eds.). San José, Costa Rica, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). p. 18.
- Hernández-Fonseca, JC; Araya-Villalobos, R. 2009. Cultivo. In Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Manual de recomendaciones técnicas para el cultivo de frijol. Hernández, JC; Ramírez, L (eds.). San José, Costa Rica, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). p. 19-26.
- Hernández, JC; Araya, R; González, W. 1999. Diagnóstico de la actividad productiva del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la región Brunca de Costa Rica: cosecha 1995-1996. Agronomía Mesoamericana 10(2):75-84. DOI: 10.15517/AM.V10I2.17946.
- Hernández, JC; Araya, R; Morales, A. 2001. Bribri, nueva variedad de frijol rojo pequeño para Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 12(1):15-23. DOI: 10.15517/AM.V12I1.17242.
- Holdridge, LR. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- Ishimoto, M; Chrispeels, MJ. 1996. Protective mechanism of the Mexican bean weevil against high levels of α -amylase inhibitor in the common bean. Plant Physiology 111:393-401.
- López-Salinas, E; Tosquy-Valley, OH; Villar-Sánchez, B; Becerra-Leor, EN; Ugalde-Acosta, FJ; Cumpián-Gutiérrez, J. 2006. Adaptabilidad de genotipos de frijol resistentes a enfermedades y suelos ácidos. Revista de Fitotecnia Mexicana 29(1):33-39.
- Lynch, JP. 2019. Root phenotypes for improved nutrient capture: An underexploited opportunity for global agriculture. New Phytologist 223(2):548-564. DOI: 10.1111/nph.15738.
- Miklas, PN; Kelly, JD; Beebe, SE; Blair, MW. 2006. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical to MAS breeding. Euphytica 147:105-131. DOI: 10.1007/s10681-006-4600-5.
- MEIC (Ministerio de Economía, Industria y Comercio), Ministerio de Salud, MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2005. Decreto Ejecutivo N° 32149-MEIC-S-MAG. Reglamento Técnico RTCR 384:2004 Frijol en Grano. Diario oficial La Gaceta N° 3 del 05 de enero del 2005.
- Mora, M. 1982. Influencia de diferentes temperaturas y contenidos de humedad sobre el tiempo de cocción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) almacenado durante 18 meses. Agronomía Costarricense 6(1/2):87-89.
- Mourice, SK; Tryphone, GM. 2012. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for adaptation to low phosphorus. International Scholarly Research Network Agronomy, 309614:1-9. DOI:10.5402/2012/309614.
- Muñoz, G; Giraldo, G; De Soto, JF. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 174 p.
- Oreamuno-Fonseca, P. 2015. Efecto de las altas temperaturas en el campo, el momento de cosecha y el almacenamiento tradicional sobre el tiempo de cocción y la imbibición de los granos de variedades de frijol común. Tesis MSc. San Pedro, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 108 p.
- Pérez-Herrera, P; Esquivel-Esquivel, G; Rosales-Serna, R; Acosta-Gallegos, JA. 2002. Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 52:172-180.
- Ramaekers, L; Remans, R; Rao, IM; Blair, MW; Vanderleyden, J. 2010. Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants. Field Crops Research 117:169-176.
- Rodríguez-González, S; Fernández-Rojas, SE. 2015. Prácticas culinarias asociadas al consumo de frijoles en familias costarricenses. Agronomía Mesoamericana 26(1):145-151. DOI: 10.15517/am.v26i1.16937.
- Rosas, JC; Castro, A; Flores, E. 2000. Mejoramiento genético del frijol rojo y negro mesoamericano para Centroamérica y el Caribe. Agronomía Mesoamericana 11(2):37-46. DOI: 10.15517/AM.V11I2.17305.

- Rosas, JC; Guachambala, M; Ramos, RA. 2009. Guía ilustrada para la descripción de las características de variedades del frijol común. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 22 p.
- Rosas, JC; Hernández, JC; Araya, R. 2003. Registration of 'Bribri' Small Red Bean (Race Mesoamerica). *Crop Science* 43(1):430-431.
- Salisbury, FB; Ross, CW. 1994. Fisiología vegetal. México, Grupo Editorial Iberoamérica. 759 p.
- Singh, SP; Schwartz, HF. 2010. Breeding common bean for resistance to diseases: a review. *Crop Science* 50:2199-2223.
- Singh, SP; Schwartz, HF. 2011. Breeding common bean for resistance to insect pest and nematodes. *Canadian Journal of Plant Science* 91(2):239-250. DOI:10.4141/CJPS10002.
- Singh, SP; Terán, H; Muñoz, CG; Osorno, JM; Takegami, JC; Thung, MD. 2003. Low soil fertility tolerance in landraces and improved common bean genotypes. *Crop Science* 43:110-119. DOI:10.2135/cropsci2003.0110.
- Smith, MR; Veneklaas, E; Polania, J; Rao, IM; Beebe, SE; Merchant, A. 2019. Field drought conditions impact yield but not nutritional quality of the seed in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *PLoS ONE* 14(6):e0217099. DOI:10.1371/journal.pone.0217099.



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr