

“SURÚ”: VARIEDAD DE FRIJOL COMÚN DE GRANO BLANCO (RAZA MESOAMÉRICA)

Juan Carlos Hernández-Fonseca¹, Néstor Felipe Chaves-Barrantes^{2/*},
Rodolfo Araya-Villalobos³, Juan Carlos Rosas-Sotomayor⁴

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L; fitomejoramiento participativo; resistencia a virus.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L; participatory plant breeding; virus resistance.

Recibido: 03/02/2020

Aceptado: 28/05/2020

RESUMEN

Introducción. A pesar de que los frijoles rojos y negros (*Phaseolus vulgaris* L.) son los tipos comerciales más comunes en Costa Rica. Los frijoles blancos se comercializan en un nicho de mercado que paga mejores precios por ellos. Para una producción rentable, las personas productoras requieren variedades de grano blanco más resistentes a los patógenos y con arquitectura de planta erecta. **Objetivo.** Describir el proceso de desarrollo y las principales características de la variedad Surú. **Materiales y métodos.** Esta variedad provino del cruzamiento simple entre la línea blanca mejorada PAN 68 y el cultivar rojo “Bribri”. Este cruce inicial fue realizado en el 2002 en la Escuela Agrícola Panamericana en Honduras. Luego fue evaluada en Costa Rica del 2004 al 2008, por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria y la Universidad de Costa Rica. La selección de F₂ a la F₆ se realizó en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, y luego se sembraron 5 ensayos y 11 parcelas de

ABSTRACT

Surú: small white-seeded common bean cultivar (race Mesoamerica). Introduction. Although red and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are the most common dry bean commercial types in Costa Rica, white beans are sold in a niche market that pays higher prices for them. For profitable production, producers require white-seeded cultivars more resistance to pathogens and with erect plant architecture. **Objective.** To describe the development process and the main characteristics of the Surú cultivar. **Materials and methods.** This cultivar was developed from a single cross between the improved white bean breeding line PAN 68 and the small red cultivar “Bribri”. This initial cross was made in 2002 at Escuela Agrícola Panamericana in Honduras. Then, it was evaluated in Costa Rica from 2004 to 2008 by the Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria and the Universidad de Costa Rica. The selection from F₂ to F₆ was carried out at the Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno,

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

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). San José, Costa Rica.  0000-0002-1915-3213.

2 Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica.  0000-0001-8465-8130.

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

 0000-0001-8284-5856.

4 Escuela Agrícola Panamericana (EAP)/Zamorano, Tegucigalpa, Honduras.

 0000-0003-4396-702X.

validación de 1500 m² cada una, en condiciones de productor, donde se determinaron las características y desempeño agronómico. La variedad se liberó el 10 de diciembre del 2009 en Guagaral, Buenos Aires, Puntarenas. **Resultados.** Surú es una variedad de grano blanco con un rendimiento de hasta 1350 kg.ha⁻¹ bajo manejo del productor, con arquitectura erecta (tipo II-a), resistencia intermedia (valor <5) a *Pseudocercospora griseola* (mancha angular), resistencia al virus del mosaico común (BCMV) (gene dominante *I*) y al virus del mosaico dorado amarillo (BGYMV) (gen *bgm-1* y el QTL SW12), y susceptibilidad a *Thanatephorus cucumeris* (mustia hilachosa) y *Aphelenchoides besseyi* (amachamiento) con un valor ≤ 7 . **Conclusiones.** Debido a sus características agronómicas, Surú es una variedad adecuada para los sistemas de siembra manual (“a espeque”) y semi-mecanizado, empleadas en Costa Rica. Se recomienda su siembra durante la segunda época del año (octubre) en la región Brunca para efectuar la cosecha durante la estación seca (diciembre - enero).

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), de grano negro o rojo, es un alimento básico en la dieta costarricense y es consumido por el 97% de la población (Rodríguez-González y Fernández-Rojas 2015a). Es una fuente importante de proteína vitaminas (tiamina y ácido fólico), minerales como magnesio, zinc, hierro y fósforo; carbohidratos, fibra tanto soluble como insoluble, y sustancias como fitatos, flavonoides, cumarinas, triterpenos, lignanos, fenoles y oligosacáridos; identificadas como antitumorales y que ayudan a reducir el riesgo de padecer enfermedades crónico-degenerativas (Rodríguez-González y Fernández-Rojas 2015b). Su cultivo está principalmente en manos

and then five trials and 11 validation plots of 1500 m² each were planted under producer conditions in order to determine characteristics and agronomic performance. The cultivar was released on December 10th, 2009 in Guagaral, Buenos Aires, Puntarenas. **Results.** Surú is a white-seeded common bean cultivar with a yield of 1350 kg.ha⁻¹ under producer management, with erect architecture (type II-a), intermediate resistance (value <5) to *Pseudocercospora griseola* (angular leaf spot), resistance to *common mosaic virus* (BCMV) (dominant gene *I*) and *Bean golden yellow mosaic virus* (BGYMV) (*bgm-1* gene and SW12 QTL), and susceptibility to *Thanatephorus cucumeris* (wet blight) and *Aphelenchoides besseyi* (amachamiento) with a value ≤ 7 . **Conclusions.** Due to its agronomic characteristics, Surú is a suitable cultivar for manual planting systems (by “espeque”) and semi-mechanized production systems used in Costa Rica. Planting is recommended during the second season of the year (October) in the Brunca region in order to harvest during the dry season (December - January).

de pequeñas empresas productoras (< 5 ha), ubicadas en los cantones de La Cruz, Upala, Los Chiles, Pérez Zeledón y Buenos Aires (Hernández-Fonseca 2009b).

El frijol de color blanco se comercializa en Costa Rica para suplir un pequeño nicho de mercado, que paga entre un 10 y 20% de sobrepeso con respecto al frijol de grano rojo, tradicionalmente de mayor precio que el de color negro. Para la producción de frijol blanco en Costa Rica, los agricultores comúnmente han empleado grano comercial adquirido en los supermercados, que no cumple con las normas de calidad de una semilla, debido a que no se disponía de variedades mejoradas de grano blanco en el país.

Los patógenos más comunes que afectan la producción y calidad del frijol en Costa Rica son el virus del mosaico dorado amarillo (BGYMV); el virus del mosaico común (BCMV); *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magn. (antracnosis); *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun (mancha angular); *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger (roya); *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Dong (mustia hilachosa o telaraña) y su anamorfo: *Rhizoctonia solani* Kühn; *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* Smith (tizón bacteriano); *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (Burk.) Snyd. & Hans. (pudrición radicular); *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid (pudrición gris); *Sclerotium rolfsii* Sacc. (añublo sureño); (Araya y Hernández 2003, Araya-Fernández y Hernández-Fonseca 2006) y *Aphelenchoides besseyi* Christie, nematodo causante del “amachamiento” (Chaves *et al.* 2013). Los insectos también pueden causar pérdidas considerables en el frijol, como las larvas de los brúquidos *Acanthoscelides obtectus* Say y *Zabrotes subfasciatus* Boheman, capaces de dañar hasta del 35% del grano durante el almacenamiento (Miklas *et al.* 2006, Singh y Schwartz 2011).

Las empresas productoras de frijol requieren de cultivares resistentes, productivos y adaptados a sus sistemas de producción. El método más efectivo para generarlos es el fitomejoramiento participativo (Ceccarelli 2015), empleado en Costa Rica en los últimos 25 años para desarrollar las variedades de frijol (Hernández *et al.* 2018). El uso de cultivares resistentes a los patógenos reduce las pérdidas en productividad, mejora la calidad del grano, reduce el uso de plaguicidas y mejora la eficiencia de éstos, por lo que minimiza el impacto en la salud del productor y en el ambiente, reduce los costos de producción e incrementa la rentabilidad y competitividad del cultivo (Singh y Schwartz 2010). El objetivo del presente trabajo fue describir el proceso de desarrollo de la variedad Surú, así como sus principales características agronómicas y fenotípicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Variedad Surú, fue desarrollada mediante el cruzamiento simple PAN 68 / Bribri. PAN 68 es una línea mejorada de grano blanco derivada del cruzamiento BAT 338 / G 3645, la cual mostró alta productividad, arquitectura erecta y granos con alto valor comercial en ensayos llevados a cabo en Costa Rica en el 2001. “Bribri” es una variedad de grano rojo brillante, de tono oscuro, derivada del cruzamiento doble RAB 310 / XAN 155 // DOR 391 / Pompadour G, con muy buena adaptación a suelos de baja fertilidad, resistencia intermedia a las principales enfermedades del cultivo en Costa Rica y un potencial de rendimiento mayor a 1900 kg.ha⁻¹ (Hernández *et al.* 2001, Rosas *et al.* 2003).

El cruzamiento inicial, que dio origen a Surú, fue realizado en el 2002, por el Programa de Investigaciones en Frijol de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP)/Zamorano, en Honduras. La generación F₁ de este cruzamiento fue sembrada en Honduras durante el 2003, mientras que las generaciones F₂, F₃, F₄, F₅ y F₆ fueron evaluadas en Costa Rica del 2004 al 2005 por personas investigadoras del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Universidad de Costa Rica (UCR). En el 2004, se recibieron más de 500 semillas F₂ de cada una de las siguientes 4 poblaciones: MEB 2231 (PAN 68 / UCR 55), MEB 2232 (PAN 68 / Bribri), MEB 2233 (PAN 68 / Morales) y MEB 2234 (PAN 68 / Tío Canela 75).

El proceso de selección de la generación F₂ a la F₆ se llevó a cabo en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEA-FBM) de la UCR en La Garita, Alajuela, Costa Rica (N 10°00'26"; O 84°15'57; 840 msnm). La estrategia de selección se basó en la resistencia o tolerancia a patógenos bajo incidencia natural, hábito de crecimiento indeterminado arbustivo tipo II, arquitectura compacta, productividad y semilla pequeña (menos de 25 g por 100 semillas), de forma ovoide y color blanco sucio (Muñoz *et al.* 1993, Rosas *et al.* 2009). El vive-ro F₂ de la población MEB 2232 fue sembrado

en mayo del 2004, durante la primera época de siembra y se seleccionó aproximadamente el 20% de las plantas, que se cosecharon de forma individual. En octubre del 2004 (durante la segunda época de siembra), se evaluaron 98 líneas F_3 y se seleccionaron 31 líneas F_4 , que fueron cosechadas de forma masal. Las líneas F_4 fueron sembradas en mayo del 2005 y 15 de ellas (líneas F_5), seleccionadas y cosechadas masalmente. Las líneas F_5 fueron sembradas, en octubre del 2005 en la EEAFCBM y evaluadas por personas agricultoras de las principales regiones productoras de Costa Rica. De ellas, 7 líneas F_6 fueron seleccionadas y cosechadas de forma masal, e incluidas en el Ensayo Nacional de Líneas Blancas de Frijol (ENLBF).

El ENLBF estuvo conformado por 18 genotipos; entre ellos 15 líneas F_6 : 4 líneas MEB 2231, 7 líneas MEB 2232 (entre ellas la MEB 2232-29, posteriormente designada como Surú), 3 líneas MEB 2233, una línea MEB 2234; y 3 testigos: la variedad local "Upala" y las líneas mejoradas MR 13517-36 (Tío Canela 75 // G

4691 / G 10613) y MH 5-1 (VAX 6 /// MUS 83 / BelNeb // DOR 483 / BAT 93). Durante el 2006, el ENLBF fue sembrado en 5 localidades de las regiones Brunca (Concepción, El Águila y Veracruz) y Huetar Norte (El Parque y Pueblo Nuevo) (Tabla 1), para determinar la reacción a los patógenos y el potencial de rendimiento de los genotipos. Para ello, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones y la unidad experimental fue de 2 hileras de 2,5 m espaciadas 0,4 m. Se utilizó una densidad de 10 semillas por metro lineal. Los ensayos fueron fertilizados a los 8 días después de la siembra (dds) con una dosis de 18 kg de N, 54 kg de P_2O_5 y 18 kg de K_2O por hectárea. Las arvenses fueron controladas con glufosinato de amonio a los 2 dds y fomesafen a los 22 dds. Se aplicó deltametrina y azoxistrobina, para el combate de insectos y hongos, respectivamente. La reacción de las líneas de frijol a los patógenos fue evaluada con la escala estándar de 1 a 9 del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), donde 1 = inmune y 9 = muy susceptible (CIAT 1987).

Tabla 1. Localidades donde se evaluaron los ensayos y las parcelas de validación para determinar las características agronómicas y potencial de rendimiento de la variedad de frijol común Surú. Costa Rica. 2004 - 2008.

Localidad	Cantón	Provincia	Región	Localización geográfica	Altitud (msnm)
El Parque	Los Chiles	Alajuela	Huetar Norte	N 10°57'03" O 84°39'55"	50
Pueblo Nuevo	Upala	Alajuela	Huetar Norte	N 10°58'57" O 85°07'39"	44
El Águila	Pérez Zeledón	San José	Brunca	N 09°07'16" O 83°31'36"	385
Veracruz	Pérez Zeledón	San José	Brunca	N 09°06'00" O 83°32'37"	615
Chánguena	Buenos Aires	Puntarenas	Brunca	N 08°56'15" O 83°12'05"	822
Concepción	Buenos Aires	Puntarenas	Brunca	N 09°06'03" O 83°28'06"	540

Para la etapa de validación, personas productoras y mejoradoras seleccionaron de forma participativa las líneas promisorias MEB

2231-15, MEB 2231-16 y MEB 2232-29 por su color (se descartaron las líneas con granos de color blanco limpio, brillantes y manchados) y

por una menor presencia de guías. Durante el 2007 y 2008, se sembraron 11 parcelas de validación en 6 localidades de las regiones Brunca y Huetar Norte (Tabla 1), las 2 zonas de producción de frijol más importantes de Costa Rica (Hernández-Fonseca 2009b). El tamaño de cada parcela de validación fue de 1500 m², a razón de 500 m² por cada línea promisoría.

La reacción de la línea MEB 2232-29 (Surú) al BCMV y al BGYMV fue determinada a través de pruebas de laboratorio llevadas a cabo en la EAP/Zamorano, Honduras en 2008. Se empleó el marcador molecular SCAR SW13 para determinar la presencia del gen *I*, el marcador SR2 para detectar la presencia del gen recesivo *bgm-1* y el SW12 para la presencia del QTL mayor.

Surú fue evaluada desde los 44 msnm en Pueblo Nuevo de Upala hasta los 840 msnm en la EEAFBM en Alajuela, lo que cubre el rango de altitud de la producción comercial de frijol en Costa Rica. La EEAFBM tiene una temperatura promedio de 21,9°C (mínima 17,8°C y máxima de 28,5°C), una precipitación promedio anual de 1940 mm, distribuidas principalmente de mayo a diciembre (Gutiérrez *et al.* 1997). Mientras que Pueblo Nuevo tiene una temperatura promedio de 25,9°C (mínima 19,5°C y máxima de 32,2°C) y una precipitación promedio anual de 2395 mm (Villalobos *et al.* 2013). Las áreas de producción de frijol en Costa Rica 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). Los suelos donde se siembra este cultivo son predominantemente ultisoles de baja fertilidad, con menos de 10 ppm de fósforo (Hernández-Fonseca 2009a).

Los datos de rendimiento obtenidos en los distintos ensayos y la etapa de validación, fueron analizados con el paquete estadístico Statistica 6.0 (StatSoft, Inc. 1984-2001). Se determinaron diferencias estadísticas a una $p < 0,05$, mediante un análisis combinado para las diferentes épocas de siembra y localidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento promedio de la línea MEB 2232-29 (Surú) en el ENLFB fue de 1488 kg.ha⁻¹ (Tabla 2); sin embargo, éste no fue superior al de los testigos empleados: la variedad local “Upala” (1224 kg.ha⁻¹), la línea MR 13517-36 (1220 kg.ha⁻¹) y línea MH 5-1 (1002 kg.ha⁻¹). En cuanto a su reacción a los patógenos, Surú mostró susceptibilidad a *Thanatephorus cucumeris* (mustia hilachosa) y a *Aphelenchoides besseyi* (“amachamiento”), con una calificación máxima de 7; resistencia intermedia a *Pseudocercospora griseola* (mancha angular) con un valor máximo de 5 y no se observaron casos de infección por el BCMV o el BGYMV durante los ENLFB. De acuerdo con las pruebas con marcadores moleculares llevadas a cabo en la EAP/Zamorano, Surú posee el gen *I* (SW13), que le confiere resistencia al BCMV (Melotto *et al.* 1996, Singh y Schwartz 2010), el gen recesivo *bgm-1* (SR2) y el QTL mayor (SW12), que le confieren resistencia al BGYMV (Urrea *et al.* 1996, Miklas *et al.* 2000, Singh *et al.* 2000, Blair *et al.* 2007). La línea MEB 2232-29 fue una de las 3 seleccionadas por las personas productoras para la etapa de validación, debido a que presentó un valor agronómico de 5 (López 1997), arquitectura erecta (tipo IIa) y grano blanco sucio opaco, considerado de buen valor comercial.

Tabla 2. Rendimiento (kg.ha⁻¹) de los genotipos evaluados en el Ensayo Nacional de Líneas Blancas de Frijol (ENLBF). Costa Rica, 2006.

Genotipo	Localidad					Promedio
	El Águila	Veracruz	Concepción	Los Chiles	Upala	
MEB 2231-12	1923	932	1217	470	1200	1148
MEB 2231-15	1841	1264	1241	1170	1533	1410
MEB 2231-16	1984	1140	1549	1460	1200	1467
MEB 2231-19	2016	560	1255	1167	900	1179
MEB 2232-7	1365	1196	1296	510	1200	1113
MEB 2232-18	1620	972	1176	1353	1200	1264
MEB 2232-26	1647	1696	1544	820	733	1288
MEB 2232-27	2055	1412	964	1267	600	1259
MEB 2232-28	1999	588	1569	1233	1000	1278
MEB 2232-29 ^a	1924	1248	1400	1367	1500	1488
MEB 2232-31	2115	1152	1409	1087	1067	1366
MEB 2233-7	2033	772	952	960	1067	1157
MEB 2233-21	2017	272	1269	1930	600	1218
MEB 2233-22	1581	700	1712	720	1067	1156
MEB 2234-28	1728	1332	1985	1087	800	1386
Upala	1572	870	1603	1340	733	1224
MR 13517-36	1600	600	1735	1230	933	1220
MH 5-1	1573	756	1045	700	933	1002
Promedio	1811	970	1385	1104	1015	1249
DMS _{0,05}	497	235	978	186	891	353

^aSurú.

Durante la etapa de validación, el rendimiento de Surú varió de 755 a 1350 kg.ha⁻¹, con una media de 1037 kg.ha⁻¹ (Tabla 3), superior a la de las otras 2 líneas promisorias evaluadas, la MEB 2231-51 (821 kg.ha⁻¹) y la MEB 2231-16 (840 kg.ha⁻¹). El rendimiento obtenido

por Surú fue similar al de otras variedades de frijol de uso comercial en Costa Rica durante la etapa de validación: Bribri (972 kg.ha⁻¹), Cabécar (1033 kg.ha⁻¹), Diquís (1161 kg.ha⁻¹) (Hernández *et al.* 2001, Rosas *et al.* 2004, Hernández *et al.* 2018).

Tabla 3. Rendimiento de Surú (MEB 2232-29) durante la etapa de validación en las regiones Brunca y Huetar Norte. Costa Rica, 2007-2008.

Localidad	Año	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)		
		MEB 2231-15	MEB 2231-16	MEB 2232-29
<u>Región Brunca</u>				
Veracruz	2007	1150	805	950
El Águila	2007	800	1081	1205
Concepción	2007	690	690	840
Chánguena	2007	651	790	1250
Veracruz	2008	850	955	1275
El Águila	2008	1100	1000	1350
Chánguena	2008	750	900	855
Promedio		856	889	1104
DMS _{0,05}				199
<u>Región Huetar Norte</u>				
Upala	2007	875	925	1120
Los Chiles	2007	675	650	850
Upala	2008	690	690	955
Los Chiles	2008	800	750	755
Promedio		760	754	920
DMS _{0,05}				168
Promedio general		821	840	1037
DMS _{0,05}				113

Surú es la primera variedad mejorada de frijol blanco desarrollada en Costa Rica, con características agronómicas superiores al grano comercial que tradicionalmente las personas productoras han empleado como semilla. Es una variedad adecuada para los sistemas de siembra manual (a “espeque”) y semi-mecanizado empleados en Costa Rica, debido a su arquitectura erecta y compacta, ya que no presenta problemas de volcamiento o quiebra de tallo. Su resistencia intermedia a la mancha angular y resistencia a virus, permite que bajo condiciones climáticas normales y buenas prácticas de manejo, como el uso de semilla de calidad,

mínima labranza y un uso racional de fungicidas (Chaves-Barrantes y Araya-Fernández 2014); no presente reducciones significativas en su rendimiento. Las variedades de frijol blanco en general son muy susceptibles al manchado del grano, más aún si imperan condiciones lluviosas durante la cosecha. Debido a esta situación, se recomienda sembrar Surú durante la segunda siembra del año en la región Brunca (en octubre), para efectuar la cosecha durante la estación seca (diciembre - enero).

Bajo las condiciones en que fue evaluada y seleccionada, la variedad Surú presentó un hábito de crecimiento indeterminado arbustivo

con guía corta (tipo IIa) y arquitectura compacta. Sus flores fueron blancas (Figura 1) y la floración se presentó entre los 34 y 40 dds; la madurez fisiológica se dio entre los 56 y 63 dds y la madurez de cosecha entre los 74 y 80 dds. La variación presentada se debió a las diferencias climáticas entre regiones productoras.

Las vainas inmaduras fueron verdes y se tornaron color amarillo claro al llegar a madurez fisiológica, y color crema al secarse (Figura 1). El promedio de semillas por vaina fue de 7, de forma ovoide y color blanco sucio al secarse (Figura 1). El peso promedio de 100 semillas fue de 22 g.

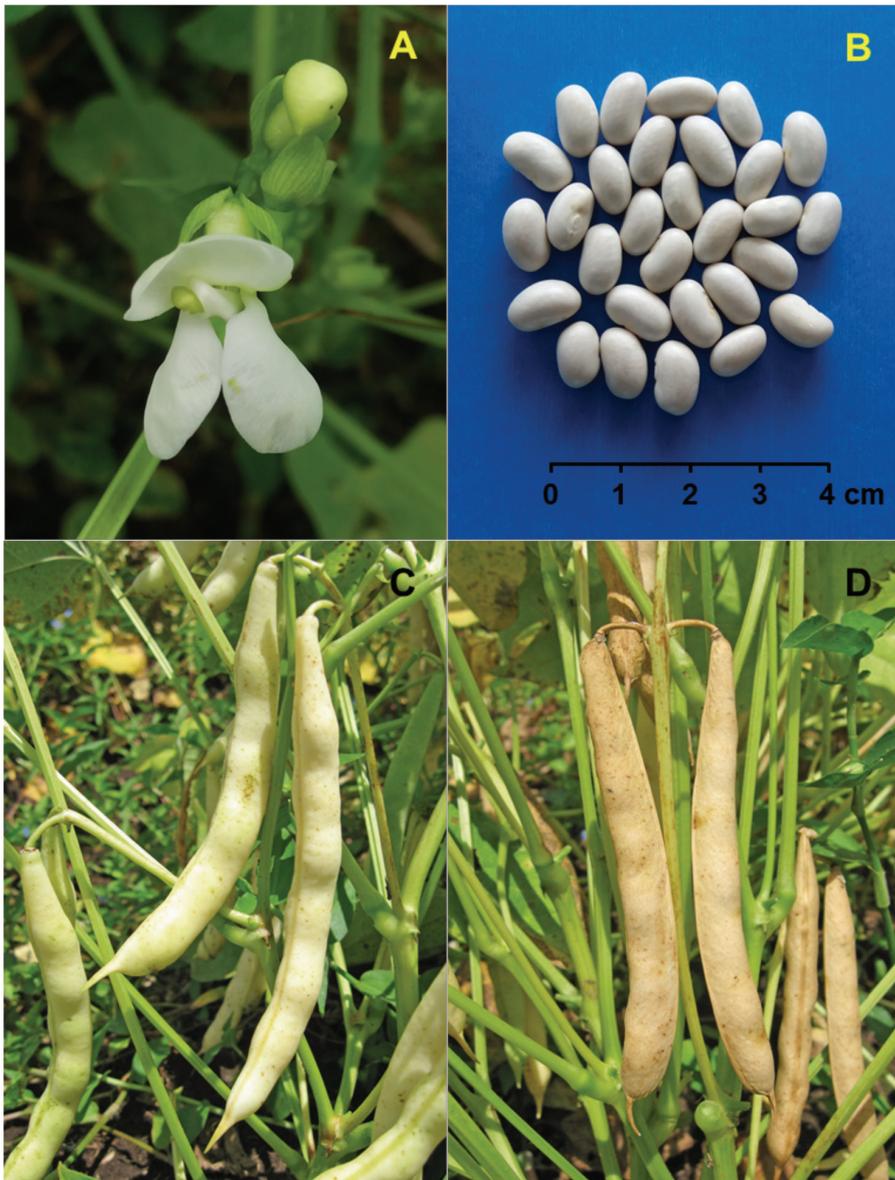


Figura 1. Flores (A), semillas (B), vainas en madurez fisiológica (C) y de cosecha (D) de la variedad Surú. Costa Rica, 2020.

La variedad Surú de grano blanco fue liberada el 10 de diciembre del 2009 en Guagaral, Buenos Aires, Puntarenas (N 09°04'27,1''; O 83°30'37,2''; 397 msnm). Es producto del trabajo cooperativo entre el INTA y la UCR, en colaboración con el Programa de Investigaciones en Frijol de la EAP/Zamorano en Honduras. Esta variedad fue registrada con el número FR-003-179 en la Oficina Nacional de Semillas (ONS) de Costa Rica. El nombre Surú es derivado de la lengua Cabécar, un grupo indígena de Costa Rica, el cual significa “blanco” (Margery 1985), en alusión al color del grano de la variedad. La semilla de Surú puede ser obtenida en la EAP/Zamorano y en la EEAFFM de la UCR.

AGRADECIMIENTOS

La investigación fue financiada por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, la Universidad de Costa Rica y la Escuela Agrícola Panamericana / Zamorano. Se agradece el apoyo del Dry Grain Pulses CRSP (USAID Award No. EDH-A-00-07-00005-00), a las Asociaciones de Productores de El Águila, Veracruz, Concepción, Guagaral y Chánguena; Coope Pueblo Nuevo R.L.; el Utkligningsfondet (Fondo de Desarrollo Noruego), al Programa Colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica (FP-MA) y a la Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (FITACORI).

LITERATURA CITADA

- Araya, CM; Hernández, JC. 2003. Distribución agroecológica de enfermedades del frijol en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 68:26-33.
- Araya-Fernández, CM; Hernández-Fonseca, JC. 2006. Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. San José, Costa Rica, MAG. 44 p.
- Blair, MW; Rodríguez, LM; Pedraza, F; Morales, F; Beebe, S. 2007. Genetic mapping of the bean golden yellow mosaic geminivirus resistance gene *bgm-1* and linkage with potyvirus resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Theoretical and Applied Genetics 114(2):261-271. Doi: 10.1007/s00122-006-0428-6.
- Ceccarelli, S. 2015. Efficiency of plant breeding. Crop Science 55(1):87-97. Doi: 10.2135/cropsci2014.02.0158.
- 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. Van Schoonhoven, A; Pastor-Corrales, M (eds.). Cali, Colombia, CIAT. 56 p.
- Gutiérrez, M; Soto, D; Alpizar, M. 1997. Cuarenta años de observaciones meteorológicas en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (BOLTEC) 30:1-14.
- 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, 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.
- Hernández, JC; Chaves, NF; Araya, R; Beebe, S. 2018. “Diquís”, variedad de frijol común rojo brillante. Agronomía Costarricense 42(1):127-136.
- Holdridge, LR. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- Lépiz, R. 1997. Valor agronómico, un criterio de evaluación. Hojas de PROFRIJOL para Centroamérica, México y el Caribe. Generación de tecnología para una producción sostenible. N°. 4. Guatemala, Guatemala, Programa Cooperativo Regional de Frijol para Centroamérica, México y el Caribe. p. 6.
- Margery, E. 1985. Morfemas derivativos en la cualificación nominal Cabécar. Filología y Lingüística 11:99-110.
- Melotto, M; Afanador, L; Kelly, JD. 1996. Development of a SCAR marker linked to the *I* gene in common bean. Genome 39(6):1216-1219. Doi: 10.1139/g96-155.

- 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.
- Miklas, PN; Stone, V; Daly, MJ; Stavely, JR; Steadman, JR; Bassett, MJ; Delorme, R; Beaver, JS. 2000. Bacterial, fungal, and viral disease resistance loci mapped in a recombinant inbred common bean population ('Dorado'/XAN 176). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125(4):476-481. Doi: 10.21273/JASHS.125.4.476.
- Muñoz, G; Giraldo, G; De Soto, JF. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 174 p.
- Rodríguez-González, S; Fernández-Rojas, SE. 2015a. Prácticas culinarias asociadas al consumo de frijoles en familias costarricenses. *Agronomía Mesoamericana* 26(1):145-151. Doi: 10.15517/am.v26i1.16937.
- Rodríguez-González, S; Fernández-Rojas, SE. 2015b. Prácticas de preparación y conservación de frijoles en familias costarricenses. *Agronomía Mesoamericana* 26(1):153-164. Doi: 10.15517/am.v26i1.16938.
- Rosas, JC; Beaver, JS; Escoto, D; Pérez, CA; Llano, A; Hernández, JC; Araya, R. 2004. Registration of 'Amadeus 77' Small Red Common Bean. *Crop Science* 44(5):1867-1868.
- 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.
- Singh, SP; Morales, FJ; Miklas, PN; Terán, H. 2000. Selection for bean golden mosaic resistance in intra- and inter-racial bean populations. *Crop Science* 40(6):1565-1572. Doi: 10.2135/cropsci2000.4061565x.
- Singh, SP; Schwartz, HF. 2010. Breeding common bean for resistance to diseases: a review. *Crop Science* 50(6):2199-2223. Doi: 10.2135/cropsci2009.03.0163.
- 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.
- Urrea, CA; Miklas, PN; Beaver, JS; Riley, RH. 1996. A codominant randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) marker useful for indirect selection of BGMV resistance in common bean. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121(6):1035-1039. Doi: 10.21273/JASHS.121.6.1035.
- Villalobos, R; Jiménez, E; Hernández, K; Córdoba, J; Solano, P. 2013. Descripción del clima. Cantón de Upala. San José, Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) e Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 18 p.



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