

GENERACIÓN DE LÍNEAS DE FRIJOL POROTO DE GRANO DE COLOR ROSADO PARA EL MERCADO PANAMEÑO¹

Emigdio Rodríguez-Quiel²; Román Gordón-Mendoza³; Francisco Gonzáles-Guevara⁴

RESUMEN

En la Estación Experimental de Río Sereno se recibieron 30 poblaciones F_4 de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de cruizas entre las variedades criollas con nuevas fuentes de alto contenido de hierro. Estas poblaciones fueron avanzadas por selección masal hasta la F_{5-6} y se generaron 312 líneas de frijol de grano de color rosado. El objetivo de la evaluación fue generar líneas y/o variedades de frijol poroto con grano de color rosado, mejor tolerancia a la mustia hilachosa (*T. cucumeris*) y una precocidad similar a la variedad criolla. Se utilizó un diseño de campo Alfa Látice para su establecimiento y su posterior análisis. En el primer año, se evaluaron 312 líneas de las cuales resultaron 62 líneas superiores por sus características agronómicas. Se desagregó la varianza en los diferentes componentes. En el segundo año, se seleccionaron las mejores 14 líneas que serán evaluadas en la prueba regional de frijol en diferentes ambientes del país. Se encontraron 11 poblaciones superiores donde los mayores rendimientos los aportaron las líneas que tenían NUA 428 como progenitor masculino. De estas líneas se encontraron cinco líneas con contenido de Fe superiores a las 80 ppm del elemento y sobresale una línea (P-CS-4-10) que contiene 90,3 ppm de este elemento, este corresponde al cruzamiento de PVA 1111 X NUA 430.

PALABRAS CLAVES: Repetitividad, cruizas, biofortificación, hierro, selección masal.

¹Recepción:11 de febrero de 2017. Aceptación:13 de noviembre de 2017. Trabajo desarrollado por el proyecto de Mejoramiento Genético del frijol Poroto en Panamá.

²M.Sc. en Mejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).
e-mail: emigdirodriguezq@gmail.com

³M.Sc. en Protección de Cultivos. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA).
e-mail: gordon.roman@gmail.com

⁴Agr. IDIAP. CIAOc. e-mail: pancho125710@yahoo.com

GENERATION OF BEAN LINES WITH GRAIN OF PINK COLOR FOR THE PANAMANIAN MARKET

ABSTRACT

At the Experimental Station of Río Sereno, 30 F₄ populations of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) were received from crosses between varieties with new sources of high iron content. These populations were advanced by mass selection until F₅₋₆ and 312 lines of pink bean grain were generated. The objective of the evaluation was to generate lines and varieties of beans with grain of pink color, better tolerance to the web blight (*T. cucumeris*) and a precocity similar to the Creole variety. An Alpha Lattices design was used for its establishment and subsequent analysis. In the first year, 312 lines were evaluated, of which 62 superior lines were obtained due to their agronomic characteristics. The variance in the different components was disaggregated. In the second year, the best 14 lines that will be evaluated in the regional bean test in different environments of the country were selected. We found 11 superior populations where the highest yields were provided by the lines that had NUA 428 as male progenitor. From these lines five lines with Fe content greater than 80 ppm of the element were found and a line (P-CS-4-10) that contains 90,3 ppm of this element stands out, this corresponds to the crossing of PVA 1111 X NUA 430.

KEY WORDS: Repeatability, crosses, biofortification, iron, mass selection.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ante los problemas estructurales que presentan las economías de la mayoría de los países latinoamericanos, especialmente lo relacionado con la pérdida del ingreso y el desempleo de amplias capas de la población urbana y rural, se viene presentando un incremento de las cifras de desnutrición, especialmente en los sectores de menores ingresos, los cuales no pueden acceder a una dieta balanceada que les permita satisfacer sus

requerimientos de proteína, vitaminas y minerales (Kelly 1992).

Existen varias iniciativas en el ámbito mundial para identificar germoplasma de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris*) con altos contenidos de hierro y zinc, a fin de solventar la carencia de estos nutrientes en más de 300 millones de personas cuya ingesta proteica depende principalmente de esta leguminosa (HarvestPlus 2003). Estas caraoatas o frijoles porotos biofortificadas, (Pérez et

al. 2005), contienen entre 50 y 100 mg de hierro/kg, lo cual representa hasta 70% más que el contenido promedio de este importante mineral en los cultivares tradicionales.

La biofortificación es el desarrollo de características deseables e incremento en la densidad de micronutrientes en cultivos a través de prácticas agronómicas, fitomejoramiento convencional o la biotecnología moderna (Nestel *et al.* 2006, Garcia *et al.* 2016). El camote, trigo, arroz, yuca, maíz y el frijol son candidatos prioritarios a la biofortificación con vitamina A, hierro y zinc (Pachón 2009).

La deficiencia de hierro es la principal causa de anemia a nivel mundial (Wiedman *et al.* 2009). El estimado de anemia en Latinoamérica es de 20% a 26%. Las mujeres y los niños en edad preescolar son particularmente propensos a la deficiencia de hierro (CIAT 2003).

Los cultivos biofortificados se pueden desarrollar a través de métodos de fitomejoramiento convencional y/o de la biotecnología moderna (Nestel *et al.* 2006). La biofortificación por fitomejoramiento convencional mejora una característica nutricional y agronómica deseable, ya existente en el cultivo convencional. Para ello, se hacen cruces entre variedades con cualidades de

interés que permiten obtener variedades con mayor cantidad de micronutrientes y las características agronómicas deseadas por los fitomejoradores (Pachón 2009).

También, tienen varias ventajas y se convierten en una estrategia para abordar la inseguridad alimentaria y nutricional, lo que mejora simultáneamente ambas. Este mejoramiento se provee a través del consumo de cultivos básicos que forman parte integral de la dieta regional (como maíz, arroz, frijol); ya que forman parte del hábito alimenticio. Cuanto más cultivos biofortificados se integren a la dieta, mayores serán los nutrientes que se ingieren (Pachón 2009).

Aproximadamente, más de un tercio de la población del mundo está en riesgo de tener una o más deficiencia de micronutrientes. La deficiencia de hierro es la más común en el mundo. En Centroamérica, las deficiencias de micronutrientes más importantes son las relacionadas al yodo, la vitamina A y el hierro. En Panamá, el mayor problema de salud pública es la anemia, y quienes más la padecen son los niños menores de 5 años (MINSAs-SENAPAN 2008).

En Panamá, un millón noventa mil personas se hallan en situación de pobreza, de las que 481 mil están en pobreza extrema, lo que equivale a

32,7% y 14,4% de la población total, respectivamente. La pobreza en el país es diferencial por área: mientras que en el área urbana la incidencia de pobreza es 17,7%, en el área rural es 50,7% y en las áreas indígenas 96,3%. Las provincias con mayor nivel de pobreza son Bocas del Toro (53%), Darién (52,7%), Veraguas (52%), Coclé (51,6%) y las áreas indígenas (96%) que comprenden las comarcas y comunidades indígenas aledañas. En la comarca Ngäbe Buglé esta cifra alcanza un 96,7% (MEF-INEC-BM 2008).

En el país la preferencia de los agricultores son los granos de color rosado, por ser lo más exigido por el mercado nacional. En eventos realizados con la cadena agroalimentaria de este cultivo una de las demandas tecnológicas que han presentado los agricultores es la generación de variedades de grano de color rosado pero que tengan buen rendimiento, buen color y tamaño del grano, buena arquitectura de planta y mayor contenido nutricional.

El objetivo de este trabajo fue generar líneas de grano de color rosado provenientes de cruza entre progenitores de alto contenido de nutrientes y las variedades nacionales; así como el evaluar y seleccionar por sus características agronómicas las líneas de frijol sobresalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Estación Experimental de Río Sereno se recibieron 30 poblaciones de frijol F_4 entre progenitores criollos y mejorados de Panamá, con líneas de alto rendimiento y mayor contenido de hierro (Cuadro 1). La siembra se realizó a campo abierto, se cosechó una vaina por planta generando poblaciones F_5 de más de 2000 individuos por población, estas poblaciones se volvieron a sembrar y se realizó una selección individual en cada población para su posterior evaluación, en total se generaron 305 líneas F_6 . En esta generación filial deben tener fijado el gen que confiere mayor contenido de hierro (Fe). Se utilizó para su establecimiento un diseño experimental Alfa Látice 12x26, con dos repeticiones y una parcela útil de 1,5 m². En la siguiente generación (F_7), se utilizó un diseño experimental Alfa Látice 8x8, con tres repeticiones y una parcela útil de 4 m². Se caracterizaron las líneas por su contenido de Fe. Para el cálculo de las varianzas se realizó el análisis REML propuesto por Vargas *et al.* 2013.

$$X_{ij} = \mu + rep_i + Block_j(rep_i) + T_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = Promedio general

rep_{ij} = Efecto de la *i*th Repetición

$Block_j(rep_i)$ = Efecto de los *j*th bloques dentro de la *i*th repetición

T_k = Efecto del *k*th Tratamiento

ϵ_{ijk} = Error experimental

Se calculó la repetitividad y el coeficiente de variación para cada variable analizada. Las medias de los genotipos fueron separadas utilizando la diferencia mínima significativa DMS. Se transformaron los datos no paramétricos utilizando la $\sqrt{x-1}$.

La preparación de suelos se realizó utilizando la mínima labranza, la cual consistió en la chapia de las malezas existentes en el lote, a los 15 días se aplicó glifosato en dosis de 0,525 kg i.a./ha, antes de la siembra se realizaron surcos en el suelo con una azada. La siembra se realizó a una distancia de 0,50 m entre surcos y 0,10 m entre plantas, obteniendo 200,000 plantas/ha. Antes de la germinación se aplicó glufosinato de amonio en dosis de 300 g i.a./ha, lo que completó el control de las malezas que persistían en el campo.

Para la fertilización se utilizó 113,6 kg/ha de 18-46-0 a la siembra más 181 kg/ha de urea, aplicado entre 25 y 30 días después de la siembra. El control de malezas se realizó a los 25 días después de la siembra, con una aplicación de glufosinato de amonio a razón de 150 g i.a./ha, se asperjó con una bomba de tracción manual. Para complementar, se aplicó fluazifob – butyl a razón de 31 g i.a./ha para el control de hoja angosta

(Rodríguez *et al.* 2017). El cultivo se mantuvo sin aplicaciones de fungicidas hasta los 45 días de la siembra para poder evaluar la mustia hilachosa en las plantas de frijol, lo que se realizó de acuerdo a la escala internacional del CIAT (López *et al.* 1986) (Cuadro 2), luego de completar esta etapa de la investigación se realizó una aplicación de azoxystrobim en dosis de 10 g i.a./ha (Rodríguez *et al.* 2017). El contenido de hierro de un grupo de líneas fue analizado por el laboratorio del CIAT en Colombia a través del método de Rayos X.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Líneas F₆ en el ciclo 2014-15

Mientras que la repetitividad se refiere a la precisión experimental, la heredabilidad tiene una connotación genética utilizada para estimar progreso genético en programas de mejoramiento. De acuerdo a los resultados del análisis estadístico, la ganancia genética para el rendimiento fue baja (9%) en cambio para las transformaciones del valor obtenido de la mustia hilachosa (TMUS), para la transformación de los valores con respecto al testigo tolerante, y la relación con el testigo tolerante 21%, 20%, 20% y 18%, respectivamente; valores considerados como aceptables para el estudio (Rodríguez *et al.* 2017) (Cuadro 3).

CUADRO 1. CRUZAMIENTOS Y GENEALOGÍA UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN EN CAMPO.

CRUZAMIENTO	GENEALOGÍA	CRUZAMIENTO	GENEALOGÍA
PVA 1076 X G23823E	NA 24442_(M)W F2-9Z-(CM)Z-(CM)Z	ROSADO X G23823E	NA 24454_(M)W F2-3Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1076 X G23823E	NA 24442_(M)W F2-17Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 428	NA 24455_(M)W F2-4Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X NUA 430	NA 24442_(M)W F2-9Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 428	NA 24455_(M)W F2-12Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X NUA 430	NA 24442_(M)W F2-29Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 428	NA 24455_(M)W F2-13Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X NUA 430	NA 24442_(M)W F2-30Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 428	NA 24455_(M)W F2-17Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X NUA 430	NA 24442_(M)W F2-31Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 428	NA 24456_(M)W F2-22Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X G23823E	NA 24447_(M)W F2-1Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-4Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X G23832E	NA 24447_(M)W F2-9Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-5Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X NUA 35	NA 24448_(M)W F2-3Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-7Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 45(I)	NA 25450_(M)W F2-1Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-9Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 35	NA 25451_(M)W F2-3Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-12Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 428	NA 24452_(M)W F2-22Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-15Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 428	NA 24452_(M)W F2-23Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-18Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 428	NA 24452_(M)W F2-26Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-23Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 430	NA 24452_(M)W F2-2Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 45	NA 24460_(M)W F2-5Z-(CM)Z-(CM)Z

CUADRO 2. ESCALA DE EVALUACIÓN DE LA MUSTIA HILACHOSA.

Grado de afectación	Severidad (%)	Tipo de reacción
1	0	Resistencia
2	1 a 5	Resistencia
3	6 a 10	Resistencia
4	11 a 20	Resistencia intermedia
5	21 a 30	Resistencia intermedia
6	31 a 40	Resistencia intermedia
7	41 a 60	Susceptible
8	61 a 80	Susceptible
9	81 a 100	Susceptible

Fuente: López *et al.* 1986

CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS LÍNEAS BIOFORTIFICADAS PARA PANAMÁ.

FV	gl	RENDIMIENTO	TMUS	TRTT	TRTS	MUS	RTT	RTS
δ ² repeticiones	1	0,001	0,049	0,071	0,052	5,365	0,610	0,294
δ ² repxblk	25	0,059	0,157	0,014	0,009	16,080	0,138	0,059
δ ² tratamientos	311	0,020	0,054	0,004	0,001	5,254	0,036	0,001
δ ² del error	286	0,402	0,409	0,035	0,025	42,993	0,334	0,149
h²		0,09	0,21	0,20	0,01	0,20	0,18	0,01
CV		4,3	2,9	1,6	1,5	13,3	4,0	3,3
DMS/Rango		0,33	0,37	0,35	0,34	0,38	0,35	0,33

gl=Grados de Libertad; TMUST=Transformación de los valores porcentuales de la mustia hilachosa; TRTT=Transformación de los valores de la relación de las líneas con el testigo tolerante; TRTS=Transformación de los valores de la relación de las líneas con el testigo susceptible. MUS=Valores porcentuales de mustia hilachosa. RTT=Relación con el testigo tolerante; RTS=Relación con el testigo susceptible.

Se destacan tres líneas con un rendimiento superior a 4 t, esto se debió a que el ataque de la mustia hilachosa tuvo un promedio de 24,3% (Cuadro 4). La mustia hilachosa se analizó transformando la variable a raíz cuadrada más 0,5 y su promedio fue de 4,87, considerándose como comportamiento bajo para la incidencia de la enfermedad en Panamá. Existen líneas con rendimiento superior de acuerdo al DMS encontrado 1,25 t.ha⁻¹. Es importante resaltar que existen líneas con igual cantidad de días a floración y días a madurez fisiológica al rosado criollo pero con rendimientos superiores al mismo, lo que las convierte en líneas potenciales para ser liberadas como variedades precoces e iguales al rosado criollo para satisfacer las demandas de los consumidores.

En el primer año de evaluación tomando en consideración el rendimiento expresado por las líneas, los días a floración, días a madurez de cosecha, tolerancia a la mustia hilachosa, color y tamaño del grano, se obtuvieron 62 líneas sobresalientes, las que fueron sometidas a una nueva estimación que nos permite seleccionar las mejores líneas en la prueba regional de frijol, a colocarse en diversos sitios del país.

Líneas F₇ en el ciclo 2015-16

Para el segundo año de evaluación se analizaron los datos y se desagregó la varianza y permitió calcular la repetitividad para cada variable estudiada en el experimento (Cuadro 5). Siendo mayor este valor para los días a madurez de cosecha, rendimiento, mustia hilachosa

y la relación con el testigo tolerante y susceptible con valores de 0,80; 0,43; 0,40; 0,21 y 0,21, respectivamente. Estos valores encontrados indican la mayor ganancia genética y uniformidad de los datos (Rodríguez *et al.* 2017).

En relación a la precisión del experimento se observa que el Coeficiente

DMS/Rango fue de 0,29 para la variable rendimiento de grano, lo que indica buena precisión según Gordón y Camargo 2015 y Camargo y Gordón 2017. Para las otras variables este coeficiente fue menor de 0,35, lo que significa que se puede seleccionar un grupo de líneas superiores entre este grupo de variedades (Cuadro 5).

CUADRO 4. LÍNEAS SOBRESALIENTES POR SU RENDIMIENTO.

Líneas	Floración (días)	Madurez Fisiológica	Rendimiento	Mustia ($\sqrt{\bar{X} + 0.5}$)	TRTT	TRTS	Mustia (%)
TR 67	30	84	4,75	4,12	1,17	0,99	16,7
TR 55	31	78	4,59	4,82	1,39	1,12	23,7
TR 143	30	78	4,35	4,38	1,26	1,10	19,4
TR 236	31	80	3,69	3,95	1,15	1,20	15,5
TR 134	30	80	3,57	4,69	1,35	1,11	22,3
TR 80	30	80	3,53	5,20	1,50	1,16	27,4
TR 262	31	80	3,26	4,21	1,19	0,95	17,0
TR 255	31	78	3,21	4,49	1,28	1,06	20,4
TR 283	29	78	3,20	5,09	1,46	1,10	26,2
TR 231	30	80	3,20	5,54	1,59	1,05	30,3
TR 249	30	80	3,20	3,91	1,09	0,90	14,4
TR 235	30	78	3,06	4,70	1,37	1,23	22,8
TR 208	29	78	3,05	4,61	1,31	1,04	21,4
TR 221	30	72	3,01	4,17	1,18	1,01	17,8
TR 172	30	80	3,00	4,18	1,20	1,08	17,2
TR 7	35	70	2,98	4,86	1,38	0,99	23,0
TR 42	30	78	2,98	4,62	1,34	1,21	22,2
TR 195	33	70	2,93	5,69	1,63	1,12	32,5
TR 271	29	76	2,92	5,23	1,51	1,18	27,8
TR 291	30	76	2,91	5,50	1,59	1,23	30,5
TR 273	31	76	2,89	4,36	1,26	1,16	18,5
TR 242	30	80	2,89	5,30	1,53	1,17	28,4
TR 62	29	80	2,87	4,75	1,36	1,09	23,1
TR 2	31	74	2,86	5,17	1,50	1,26	27,3
TR 22	31	74	2,85	4,95	1,42	1,13	24,5
TR 56	31	76	2,83	4,99	1,45	1,21	25,2
TR 180	31	82	2,81	4,27	1,22	1,08	18,1
TR 232	29	30	2,79	4,26	1,25	1,29	18,7
TR 217	30	76	2,76	4,99	1,44	1,20	25,3
TR 278	30	80	2,74	5,62	1,63	1,28	32,2
Rosado C.	31	74	2,17	5,54	1,61	1,28	31,3
Promedio	30,7	75,2	2,14	4,87	1,40	1,14	24,3
DMS 5%			1,25	1,26	0,37	0,35	12,9

CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ALFA LÁTICE DEL EXPERIMENTO.

FV	gl	Rendimiento	Mustia	Floración	Madurez	RTT	RTS
Fisiológica							
δ^2_{rep}	2	0,055	50,99	0,00	0,93	0,00	0,00
$\delta^2_{rep \times blk}$	24	0,061	161,03	1,12	1,03	0,43	0,15
δ^2_{ent}	63	0,037	22,01	0,01	1,18	0,04	0,02
δ^2_{res}	117	0,147	100,21	8,21	0,87	0,41	0,24
h^2		0,43	0,40	0,01	0,80	0,21	0,21
DMS/Rango		0,29	0,29	0,24	0,21	0,33	0,32
CV (%)		30,6	22,3	8,9	1,39	44,6	44,8

DF=Días a floración; DM=Días a madurez; RTT=Relación con el testigo tolerante; RTS=Relación con el testigo susceptible.

Los materiales con rendimiento por arriba de 2000 kg provienen de las cruzas Rosado x NUA 428 y de Velazco largo x NUA 428, es decir, el rendimiento lo está aportando el progenitor NUA 428 proveniente del programa de mejoramiento genético de frijol del CIAT.

De las 30 poblaciones evaluadas 14 de ellas fueron superiores para el rendimiento, sobresaliendo cuatro de ellas (P-CS-14-10, P-CS-21-10, P-CS-21-17 y P-CS-26-4) con rendimiento superior a 1800 kg.ha⁻¹. A este primer grupo le siguieron 16 líneas con rendimientos superiores a las 1396 kg.ha⁻¹, estas líneas no difirieron estadísticamente entre sí al 5% de probabilidad y un DMS de 488 kg.ha⁻¹ (Cuadro 6). Todas las líneas son iguales o muy parecidas al rosado criollo, en cuanto a los días a floración y días a cosecha, las que pueden ser consideradas como una excelente característica; son superiores por su Relación con el testigo tolerante (RTT) y Relación con el testigo

susceptible (RTS) cuando se compararon al rosado criollo, quedando 11 líneas que serán evaluadas en la prueba regional de frijol.

De acuerdo al contenido de hierro de un grupo de líneas se encontraron cinco líneas con un contenido mayor a las 80 ppm de hierro. Una de las líneas tiene 90 ppm de hierro, la cual corresponde al cruzamiento de Velazco Largo x NUA 428 (Cuadro 7). De este grupo de líneas sobresalió la P-CS 21-17 con un rendimiento de grano de 2049 kg.ha⁻¹ y un contenido de Fe de 72,2 ppm. También sobresale la línea P-CS-4-10 con el mayor contenido de Fe (90,3 ppm) y un rendimiento de 1507 kg.ha⁻¹, considerado en el segundo grupo de líneas más productivas. Otras líneas a considerar para su evaluación en posteriores ensayos son la P-CS-24-34, P-CS-2420 y P-CS-3-9 cuyo contenido de Fe fue de 84,3, 82,2 y 81,0 mg y un rendimiento superior a los 1390 kg.ha⁻¹.

CUADRO 6. LÍNEAS DE FRIJOL SOBRESALIENTES POR SUS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS.

Nombre	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	Mustia (%)	Floración (días)	Madurez Fisiológica (días)	RTT	RTT
P-CS-14-10	2,137	28,2	32	69	1,1	0,8
P-CS-21-10	2,081	45,8	32	70	1,5	1,2
P-CS-21-17	2,049	33,8	30	70	1,7	1,3
P-CS-26-4	1,821	40,4	33	67	1,1	0,9
P-CS-15-7	1,630	39,9	32	68	1,6	1,0
P-CS-12-6	1,560	45,3	32	67	1,1	0,8
P-CS-24-30	1,557	34,4	33	68	1,3	0,9
P-CS-4-10	1,507	52,9	34	71	1,6	1,3
P-CS-15-2	1,497	47,8	32	68	1,8	1,3
P-CS-24-11	1,492	34,9	32	67	0,9	0,7
P-CS-24-34	1,488	45,1	31	67	1,2	1,1
P-CS-2-10	1,463	34,2	32	66	1,1	0,7
P-CS-24-35	1,458	42,4	31	67	1,3	0,9
P-CS-24-27	1,439	45,9	30	67	0,9	0,8
P-CS-24-20	1,437	41,2	31	68	1,0	0,9
P-CS-1-6	1,408	39,4	30	68	1,5	1,3
P-CS-2-2	1,403	39,1	31	66	1,2	0,9
P-CS-24-2	1,403	44,0	33	68	1,0	0,6
P-CS-17-1	1,400	46,1	32	69	1,6	1,2
P-CS-3-9	1,396	47,3	32	67	1,1	0,9
P-CS-17-21	1,361	44,4	32	68	1,1	0,8
P-CS-2-27	1,359	43,3	32	66	1,4	0,9
P-CS-14-23	1,348	47,4	31	68	1,4	0,8
P-CS-10-6	1,339	38,9	31	66	1,7	1,3
P-CS-3-15	1,315	35,7	31	67	1,2	1,0
P-CS-3-7	1,307	32,2	31	66	1,4	1,1
P-CS-22-5	1,307	34,9	31	67	0,9	0,6
P-CS-21-9	1,307	41,5	32	69	1,8	1,2
P-CS-22-2	1,246	33,6	30	67	1,1	0,9
P-CS-2-26	1,240	51,4	33	66	2,3	1,5
ROSADO	0,934	64,2	31	66	2,3	1,8
Promedio	1,255	44,8	32	67	1,4	1,1
DMS (5%)	0,448	11,7	3	1	0,7	0,6

CUADRO 7. CONTENIDO DE HIERRO (ppm) DE UN GRUPO DE LÍNEAS SELECCIONADAS PARA SU ANÁLISIS.

Entrada	Línea	Promedio + IC 99%	Entrada	Línea	Promedio + IC 99%
49	P-CS-14-10	66,6 ± 35,0	20	P-CS-2-4	63,4 ± 22,3
46	P-CS-21-10	69,6 ± 03,2	41	P-CS-15-6	63,0 ± 09,5
28	P-CS-21-17	72,2 ± 50,9	6	P-CS-3-10	69,9 ± 15,9
25	P-CS-26-4	58,3 ± 22,3	54	P-CS-4-12	51,7 ± 03,2
60	P-CS-15-7	63,0 ± 66,8	61	P-CS-2-5	83,0 ± 28,6
43	P-CS-12-6	60,4 ± 03,2	33	P-CS-17-2	74,3 ± 47,7
40	P-CS-24-30	73,6 ± 70,0	9	P-CS-23-15	56,5 ± 12,7
7	P-CS-4-10	90,3 ± 19,1	52	P-CS-17-32	70,9 ± 38,2
21	P-CS-15-2	75,8 ± 06,4	8	P-CS-2-8	66,3 ± 19,1
22	P-CS-24-11	64,2 ± 3,2	29	P-CS-17-12	71,1 ± 19,1
3	P-CS-24-34	84,3 ± 22,3	16	P-CS-25-12	73,5 ± 79,6
51	P-CS-2-10	69,0 ± 22,3	11	P-CS-2-15	88,8 ± 31,8
38	P-CS-24-35	58,0 ± 09,5	37	P-CS-17-7	49,2 ± 15,9
14	P-CS-24-27	59,2 ± 35,0	50	P-CS-3-3	66,0 ± 54,1
26	P-CS-24-20	82,2 ± 50,9	19	P-CS-1-2	74,9 ± 31,8
32	P-CS-1-6	55,8 ± 06,4	56	P-CS-10-8	68,7 ± 60,5
48	P-CS-2-2	69,3 ± 06,4	42	P-CS-29-21	58,3 ± 35,0
4	P-CS-24-2	55,2 ± 15,9	15	P-CS-16-1	74,9 ± 03,2
44	P-CS-17-1	57,1 ± 66,8	10	P-CS-17-19	66,1 ± 57,3
59	P-CS-3-9	81,0 ± 09,5	27	P-CS-15-9	57,4 ± 95,5
35	P-CS-17-21	65,9 ± 12,7	58	P-CS-2-25	69,5 ± 41,4
34	P-CS-2-27	83,4 ± 50,9	1	P-CS-4-11	72,8 ± 28,6
13	P-CS-14-23	73,1 ± 25,5	18	P-CS-15-36	71,1 ± 12,7
55	P-CS-10-6	76,5 ± 12,7	17	P-CS-2-1	61,0 ± 15,9
64	P-CS-3-15	56,8 ± 50,9	5	P-CS-2-14	54,9 ± 25,5
63	P-CS-3-7	53,4 ± 38,2	31	P-CS-29-8	55,7 ± 44,6
36	P-CS-22-5	84,9 ± 00,0	12	P-CS-3-8	72,9 ± 06,4
30	P-CS-21-9	70,0 ± 19,1	24	P-CS-2-12	55,0 ± 06,4
45	P-CS-22-2	58,6 ± 38,2	53	P-CS-2-19	58,9 ± 25,5
47	P-CS-2-26	64,0 ± 09,5	57	P-CS-2-18	84,4 ± 44,6
2	P-CS-3-16	57,1 ± 09,5	39	P-CS-29-1	73,7 ± 57,3

CONCLUSIONES

- El contenido de Fe fue superior en la línea P-CS-4-10 con 90,3 ppm de este elemento.
- De las cruza simples evaluadas existen líneas superiores en rendimiento al rosado criollo y corresponden a las líneas que provienen de la cruza de Velazco Largo x NUA 428.
- Los días a floración y a madurez de cosecha demuestran que las líneas seleccionadas son tan precoces como el rosado criollo y superiores en tolerancia a mustia hilachosa.
- Las líneas muestran superioridad en tolerancia, en cuanto a la mustia hilachosa encontrada por dos años consecutivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Camargo, I; Gordón, R. 2017. La repetitividad como estimador de la precisión experimental en el análisis de experimentos. *Agronomía Mesoamericana* 28(1):159-169.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 2003. Mejoramiento de la nutrición humana en comunidades pobres de américa latina utilizando maíz (QPM) y frijol común biofortificado con micronutrientes (en línea). Consultado 23 feb 2016. Disponible en http://www.fontagro.org/sites/default/files/prop_03_05.pdf
- Gordón, R; Camargo, I. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 26(1):55-63.
- HarvestPlus. 2003. Frijol Biofortificado (en línea). Consultado 23 feb 2017. Disponible en <http://www.harvestplus.org/pdfs/beanssp.pdf>.
- López, M; Fernández, F; Schoonhoven, A. 1986. Frijol: Investigación y Producción. Cali, C. CIAT. 417 p.
- Kelly, A. 1992. Medium and long - range forecast prevalence and numbers of malnourished children. *Global regional estimates. World Health Organization* 78:1222-1233.
- MEF (Ministerio de Economía y Finanzas, PA), INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo, PA), BM (Banco Mundial). 2008. Encuesta de Niveles de Vida. Panamá. Contraloría General de la República de Panamá.

- MINSA (Ministerio de Salud, PA), SENAPAN (Secretaría Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional, PA). 2008. Plan Nacional "Prevención y control de las deficiencias de micronutrientes" 2008 – 2015. Cooperación técnica del PMA, INCAP y OPS. 52 p.
- Nestel, P; Bouis, HE; Meenakshi, JV; Pfeiffer, W. 2006. Biofortification of staple food crops (en línea). J. of Nutr. Consultado 20 feb 2016. Disponible en <http://jn.nutrition.org/content/136/4/1064.full.pdf+html>
- Pachón, H. 2009. El Impacto Nutricional de Cultivos Biofortificados o Cultivos con Mayor Calidad Nutricional. Informe Anual del Proyecto Agrosalud. CIAT, CO.
- Pérez, D; Morros, ME; Salih, A; Salazar, L; Dedordy, G; Alemán, L. 2005. Identificación de germoplasma de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) con alto contenido de Fe y Zn para ser incorporado en programas de biofortificación. In II Congreso Venezolano de Mejoramiento Genético y Biotecnología Agrícola. IDEA, del 19 al 21 de octubre de 2005. 1 disco compacto.
- Rodríguez, E; Gordón Mendoza, R; González Guevara, F. 2017. Retrocruzas entre padres panameños y fuentes de alto hierro. Ciencia Agropecuaria no. 26:55-68.
- Vargas, M; Combas, E; Alvarado, G; Atlin, G; Mathews, Ky; Crossa, J. 2013. Meta: A Suite of SAS Programs to Analyze Multi environment Breeding Trials. Agronomy Journal 105:11-19.
- Wiedman, M; Olivares, M; Pizarro, F; Araya, M. 2009. Suplementación con cobre entre comidas no tiene efecto sobre la nutrición de hierro en hombres (en línea). Rev. Chil. Nutr. Consultado 23 feb 2017. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000400008>