Instituto de Investigación
Agropecuaria de Panamá

VARIEDADES DE FRIJOL POROTO DE GRANO ROSADO BIOFORTIFICADAS PARA PANAMÁ

Emigdio Rodríguez Quiel. Román Gordón Mendoza,
Francisco González Guevara, Maika Barría, Liliam Marquínez;
Luis Yanguez; Kasandra Araúz, Benito Franco;

VARIEDADES DE FRIJOL POROTO DE GRANO ROSADO BIOFORTIFICADAS PARA PANAMÁ

Emigdio Rodríguez Quiel. Román Gordón Mendoza, Francisco González Guevara, Maika Barría, Liliam Marquínez; Luis Yanguez; Kasandra Araúz, Benito Franco;

INTRODUCCIÓN

Como parte del estado nutricional, el hambre oculta es la carencia de vitaminas y minerales esenciales en la dieta, componentes que son esenciales para potenciar la inmunidad y un desarrollo saludable. Las carencias de vitamina A, zinc, hierro y yodo son motivos de gran preocupación para la salud pública y suelen ser los micronutrientes que más hacen falta a la dieta. (OMS 2012).

La biofortificación es un método para aumentar el contenido de nutrientes en los cultivos, mediante prácticas de mejoramiento convencional varietal, para producir mejores alimentos y combatir la deficiencia de micronutrientes (hierro y zinc) en el organismo humano. (http://Caracol)

El frijol biofortificado ha sido desarrollado convencionalmente para tener más nutrientes. Los investigadores se han enfocado en el desarrollo de variedades de frijol con altos niveles de hierro y zinc. El frijol con alto contenido de hierro puede proveer a los consumidores un aporte adicional y significativo de su requerimiento diario de hierro sin cambiar su dieta (HarvestPlus, 2014).

Los cultivos biofortificados tienen mejores características agronómicas y ofrecen mayor contenido de micronutrientes en comparación con cultivos no-biofortificados, es decir, los que consumimos a diario denominados convencionales. (PACHON 2009). Estudios recientes respaldan la eficacia de la biofortificación en intervenciones dietéticas para mejorar deficiencias de hierro. En

un grupo de mujeres universitarias en Ruanda el consumo de frijoles biofortificados con hierro mejoraron significativamente el estado del hierro después de consumirlos por 128 días. Esta intervención aumentó significativamente los niveles de concentración de la hemoglobina, 3.8 g / L más; el registro de ferritina sérica (se aumentó en 0.1 log mg / L) y el hierro corporal (0.5 mg / kg). Por cada 1 g de Fe consumida a partir de los 128 días de estudio, hubo un aumento significativo de 4.2 g / L en la hemoglobina (P <0.05). (HAAS *et al.* 2016).

El propósito de la biortificación es mejorar cultivos de consumo diario de las comunidades de diferentes partes del mundo, para que a través de un alimento conocido puedan mejorar la salud sin costo adicional, con los canales de distribución y de compra acostumbrados. La biofortificación es una de las herramientas para responder al problema de desnutrición mundial (Beebe, 2017)

El mayor reto al liberar una nueva variedad de fríjol es que los agricultores tengan acceso a ella y esto se logra con una producción de semilla a gran escala. Hay expectativas de que algunas organizaciones nacionales las introduzcan en sus programas de semillas y también a través de pequeños productores de semilla (Beebe 2017)

HarvestPlus se ha enfocado en el desarrollo del frijol biofortificado enfocándose en el incremento de la concentración de hierro y zinc en variedades agronómicamente superiores. Las características clave de productividad están siendo desarrolladas en combinación con el mejoramiento del valor nutricional para hacer del frijol biofortificado una semilla más atractiva para los productores (HarvestPlus, s.f.).

El frijol poroto *(Phaseolus vulgaris L.),* que se produce en Panamá constituye una fuente importante de ingresos para las zonas productoras y además es un alimento básico dentro del patrón de consumo. En la actualidad el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) lleva a cabo un proyecto de mejoramiento para la obtención de cultivos de frijol poroto biofortificados con altos

contenido de hierro y zinc. Durante el año 2015 en el proyecto de biofortificación del frijol común desarrollado en Panamá por el IDIAP en colaboración con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) se realizaron cruzas entre las variedades nacionales y nuevas fuentes con alto contenido nutricional, con el propósito de generar líneas con las características solicitadas por la cadena agroalimentaria del frijol poroto. Se generaron líneas de grano de color rosado provenientes de cruzas entre progenitores de alto contenido de nutrientes y las variedades nacionales y se seleccionaron los mejores genotipos en relación al rendimiento de grano, alto contenido de hierro (Fe) y tolerancia a la mustia hilachosa,; evaluadas por sus características agronómicas y seleccionadas por su contenido nutricional sobresaliente para las condiciones de mercado exigidas por los consumidores locales. Se lograron dos líneas de grano rosado biofortificados que fueron validadas con los agricultores, siendo las líneas P-09-11 (88 mg/Kg) y P-13-38 (78 mg/Kg) con mayor contenido de hierro y a su vez las seleccionadas por los agricultores por sus altos rendimientos, color y tamaño del grano. (RODRIGUEZ, *et al* 2016). Si bien la calidad nutricional y agronómica es importante, en última instancia, lo que determinará su aceptabilidad o su rechazo será la percepción del consumidor en cuanto a sus características culinarias, su aspecto, color, olor, sabor o textura. (CARRILLO, *et al* 2015)

El proyecto de Mejoramiento Genético del frijol poroto en Panamá a través del mejoramiento convencional y del mejoramiento participativo ponen a disposición de los agricultores de este grano dos nuevas variedades para los productores de este rubro; estas son las variedades IDIAP P-09-11 e IDIAP P-13-38 las que tienen entre sus características mayor contenido de hierro, 88 y 78 ppm, que la variedad criolla Rosado y la variedad IDIAP R-2. Las variedades criollas y o mejoradas tienen 50 ppm de hierro. Este incremento representa 60 y 56 % más de este elemento en las nuevas variedades que lo que tienen las variedades criollas.

En Colombia BIO-101 y BIO-107, nombres de las nuevas variedades biofortificadas de frijol, son el resultado del trabajo realizado en equipo, de 2013 a

2015, entre Fenalce, Fidar y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con fondos de HarvestPlus-LAC, líder en investigación en biofortificación, que forma parte del Programa Global de Investigación en Agricultura para la Nutrición y la Salud del Consorcio, alianza a la que pertenece el CIAT, y cuya misión es mejorar la nutrición y salud pública mediante el desarrollo y promoción de cultivos biofortificados con más vitaminas y minerales. (http://Caracol)

Tradicionalmente, las variedades de fríjol que se vienen cultivando en Colombia contienen en promedio 50 partes por millón (ppm) de hierro y 28 ppm de zinc. Las cifras de las nuevas variedades constituyen toda una ventaja a la hora de brindar una mejor alimentación pues BIO-101 y BIO-107 presentan contenidos superiores al 60% en hierro (82 ppm) y al 50% en zinc (43 ppm), comparadas con las variedades de fríjol que se consumen actualmente en el país. Estos resultados corresponden al promedio obtenido de la evaluación realizada en nueve localidades colombianas (http://blog.ciat.cgiar.org)

Los hábitos alimenticios de la población son una referencia sociocultural de los distintos pueblos, por lo que actualmente la relación entre la dieta y el estado de salud de las personas han sido determinantes para que los hábitos alimenticios de una población se consideren como un indicador tanto social como de salud. (DOMINGUEZ 2007). Por ello es sumamente importante considerar el consumo de alimentos y estudios sobre evaluación sensorial con los consumidores antes de liberar un cultivo biofortificado o lanzar un producto al mercado.

Los objetivos del presente trabajo fueron los de generar líneas de frijol de grano de color rosado, con mayores rendimientos que la variedad criolla, con mayor contenido de hierro y que sean evaluadas y aceptadas por los agricultores.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el 2010 se recibieron 16 cruzamientos entre variedades criollas de Panamá x nuevas fuentes de alto hierro. Para la realización de estas cruzas se utilizaron como progenitores femeninos el Rosado Criollo y el IDIAP R2 en tanto que como progenitores masculinos fueron líneas de alto contenido de hierro del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Estos cruzamientos se encuentran en el cuadro 1 de este documento.

CUADRO 1. CRUZAMIENTOS DE FRIJOL POROTO PARA LA OBTENCIÓN DE LÍNEAS DE COLOR DE GRANO ROSADO, PANAMÁ - 2010.

N° de Población	Cruzamiento
1	IDIAP R2 x G23823E
2	IDIAP R2 x NUA 35
3	IDIAP R2 x NUA 45 (I)
4	PVA 1111 x NUA 45 (I)
5	PVA 1111 x NUA 430
6	PVA 1111 x NUA G23823E
7	PVA 1111 x NUA 35
8	ROSADO CRIOLLO x NUA 56
9	ROSADO CRIOLLO x NUA 45 (I)
10	ROSADO CRIOLLO x NUA 35
11	ROSADO CRIOLLO x NUA 428
12	ROSADO CRIOLLO x NUA 430
13	VELAZCO LARGO x NUA 428
14	VELAZCO LARGO x NUA 430
15	VELAZCO LARGO x NUA 420
16	VELAZCO LARGO x NUA 35

La siembra de las primeras F_2 fue realizada en la localidad de Río Sereno y las poblaciones fueron avanzadas hasta la F_5 por selección masal. En la F_5 se seleccionaron 530 líneas, las semillas fueron procesadas y secadas al sol hasta el 12% de humedad.

En la F6 se evaluaron las líneas generadas y se colocaron testigos tolerantes y susceptibles en el campo, totalizando 718 líneas y variedades evaluadas. Debido a la colocación de los testigos susceptibles y tolerantes a la mustia hilachosa en

todo el campo. Se usó una parcela útil de 1 m^2. Para su análisis se utilizó el Índice de selección, cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$IS= \{ [(Y_j - M_j)^2 * I_j] + [(Y_k - M_k)^2 * I_k] + [(Y_n – M_n)^2 * I_n] \}^{1/2}$$

Donde:

IS = Índice de selección
$Y_{j...n}$ = Variables medidas en unidades Z
$M_{j...n}$ = Meta de selección
$I_{j...n}$ = Intensidad de selección

La meta de selección para el rendimiento fue de dos unidades de la desviación estándar sobre la media general de la población. Mientras que para la mustia hilachosa la meta de selección fue de dos veces menos la desviación estándar del promedio general. En relación a la intensidad de selección la misma fue realizada dando mayor énfasis al rendimiento (9) que a la enfermedad (6). Con la definición de estos parámetros del modelo se seleccionaron 100 líneas con el mayor índice de selección. Se usó una parcela útil de 5 m^2.

En el siguiente ciclo agrícola se sembró la generación F7, el ensayo fue sembrado utilizando el diseño bloques completos al azar con un arreglo Alfa Látice 7x7 cuyo modelo matemático es el siguiente (Vargas et al, 2013).

$$Xij = \mu + rep_i + Block_j (rep_i) + T_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = Promedio general
rep_{ij} = Efecto de la jth Repetición
$Block_j (rep_i)$ = Efecto de los jth bloque dentro de la ith repetición
T_k = Efecto del kth Tratamiento
ε_{ijk}= Error experimental

Se calculó la repetitividad y el coeficiente de variación para cada variable analizada. Las medias de los genotipos se separaron utilizando la diferencia mínima significativa (DMS (Vargas *et al.* 2013).

Para la interpretación de la interacción de los genotipos con los ambientes se utilizó el modelo AMMI Biplot GGE cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{te} = \mu_i + T_t + \beta_e + \sum^n + \lambda_n + Y_{tn} + \delta_{en} + P_{ge}$$

Y_{te} = Rendimiento promedio de un tratamiento t en un ambiente e
μ_i = Media General
λ_n = Es el valor singular para el PCA
N= Número de PCA retenidos en el modelo
Y_{tn} = Son los valores vectores de los tratamientos (PCA)
T_t = Efecto de las desviaciones de las medias del ambiente
δ_{en} = Son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA)
P_{ge} = Residual

En el año 2015 – 16 se realizó la prueba de validación de las mejores líneas por su rendimiento, porcentaje de severidad de la mustia hilachosa y contenido de hierro. Las líneas validadas fueron P-02-29, P-03-25 y P-1404 por su alto rendimiento y las líneas P-09-11, P-13-38 y P-14-04 por su alto contenido de Fe con 88 ppm, 78 ppm y 76 ppm de hierro, respectivamente.

En el año 2016-17 se validaron las líneas P-13-38 y P-09-11 y se compararon con la variedad Rosado Criollo.

En las validaciones de las líneas se utilizó el diseño de bloques completos al azar y cuyo modelo matemático es como sigue:

$$Xij = \mu + r_i + T_j + \varepsilon_i$$

Donde:

μ = Promedio general
r_i = efecto de la ith Repetición
T_j = efecto del jth tratamiento
ε_{ij}= Error experimental

Análisis Sensorial

Tipo de estudio y Muestra

Estudio descriptivo transversal, con una muestra de 119 participantes, entre hombres y mujeres mayores de 18 años de edad, provenientes de las comunidades rurales productoras de frijol poroto de la Comarca indígena Ngäbe Buglé (Cerro Mesa y Hato Chamí) y de zonas campesinas de la provincia de Herrera (Las Minas) y de la provincia de Veraguas (Santa Fé). Realizado en el mes de junio de 2017.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Se incluyeron mujeres y hombres mayores de 18 años de edad, provenientes de la Comarca Ngöbe Buglé (Cerro Mesa y Hato Chamí) y de las provincias de Herrera (Las Minas) y de Veraguas (Santa Fé). Se excluyeron menores de 18 años de edad, mujeres embarazadas y personas que reportaron padecer de disfagia o que tenían problemas de dentadura. Para realizar la aplicación de la encuesta socioeconómica, sólo se aplicó a un participante por familia, ya que los datos a recolectar correspondían a información de cada hogar.

Inducción a los participantes

En cada comunidad se inició con la inducción a los participantes explicando el tipo de estudio y su finalidad. La explicación se hizo paso a paso en cómo responder el cuestionario de encuesta y en cómo realizar la evaluación sensorial para las tres muestras de frijol poroto grano color rosado P-09-11, P-13-38 y la variedad rosado convencional.

Perfil de producción y consumo de frijol poroto

Se aplicó encuesta a un miembro por familia, por lo que la muestra para la encuesta se redujo a 108. Se recopilaron datos sociodemográficos de las familias, sobre producción y consumo. Se tomaron datos sobre la producción agrícola de frijol poroto, tiempo de disponibilidad de este alimento para consumo del hogar,

frecuencia de consumo y tipos de preparaciones más comunes con frijol poroto utilizadas por los participantes del estudio. Se obtuvo información sobre disponibilidad de alimentos durante el año previo a la recolección de datos (período entre junio 2016 a mayo 2017); empleando el instrumento para indicador sobre los Meses de aprovisionamiento adecuado de alimentos en el hogar (MAHFP) validado por Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Este indicador puede, a lo largo del tiempo, capturar cambios de la capacidad del hogar para abordar la vulnerabilidad de tal forma que se garantice el aprovisionamiento por encima de un nivel mínimo durante todo el año.

Prueba Sensorial

La preparación realizada para cada una de las muestras de frijol poroto P-09-11, P-13-38 y la variedad rosado convencional en todas las comunidades fue similar y elaborada por la misma persona (personal técnico capacitado). Se presentó el frijol poroto como menestra, con ingredientes de uso común como agua, sal, ajo, culantro y cebolla. Se sirvieron en envases codificados mediante enumeración aleatoria todas las muestras a evaluar. La característica evaluada fue el sabor, mediante la aplicación de pruebas de preferencia por ordenamiento (por rangos). Cabe señalar la similitud de las muestras tanto crudas como cocidas en cuanto al color rosado y tamaño de grano. La prueba de preferencia permite determinar el mayor agrado de un alimento o producto sobre otro y determinar si hay o no diferencias. Se consideraron categorías para cada valor según ordenamiento o rango, siendo el número 1 = me gusta más, 2 = ni me gusta ni disgusta y 3 = me gusto menos. Se generó Tabla de frecuencia total por cultivar considerando dos áreas (indígena y campesina).

Análisis estadístico

La información de la encuesta fue ingresada y procesada utilizando el programa de análisis estadístico Stata 11.0 (StataCorp, College Station, Texas, US). Los datos fueron presentados de forma descriptiva utilizando mediana, frecuencia y proporción para comparar los datos según comunidad (área campesina frente área indígena). La significancia fue establecida cuando el valor p de las pruebas fue

menor de 5%. Para el Análisis de los resultados de las pruebas sensoriales se realizó empleando la tabla de Newell y Mac Farlane, 1987 para Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de rangos para las comparaciones de “Todos los Tratamientos o muestras” a un nivel de significancia de 5%, la cual presenta en el eje (y) pruebas de 3 a 100 panelista y en el eje (x) de 3 a 12 muestras para un nivel de significancia de $p \leq 0.05$; usando métodos no paramétricos, tal como se señala en análisis de ordenamiento por rangos. Para las comunidades indígena con 63 panelistas y tres muestras, el valor crítico para $p \leq 0.05$ está representado por 26. Si el resultado de la diferencia de la frecuencia de dos variedades está por arriba del valor crítico entonces hay diferencia entre las muestras. Mientras que en las comunidades campesinas con 56 panelistas y tres muestras presenta un valor crítico para un nivel de significancia de $p = .05$ es 25. Lo que significa que, si el resultado de la diferencia de la frecuencia de dos variedades está por arriba del valor crítico entonces hay diferencia entre las muestras.

Consideraciones éticas

A todos los participantes se les informó el propósito del estudio, los procedimientos y los potenciales riesgos y beneficios. Posteriormente se les solicitó firmar una forma de consentimiento previo, libre e informado. La participación fue voluntaria, no hubo remuneración monetaria ni en especias.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Como resultados de la encuesta encontramos que el 51.9% eran provenientes de localidades campesinas y el 48.1% de localidades indígenas. El 77.8% de los participantes manifestaron que el frijol poroto es uno de los cultivos principales para la siembra; el 97.2% consumen el frijol poroto, donde el 76.8% lo consume más de 2 a 4 veces a la semana, lo que demuestra que el frijol poroto es un cultivo y alimento básico para este grupo de consumidores. Coincidiendo con el Análisis de la situación Alimentaria en Panamá realizado en base a los datos de la Encuesta de Niveles de Vida del 2008, donde el consumo de leguminosas en zonas urbanas y rurales fue del 85%, siendo la leguminosa más usada por los

hogares indígenas el frijol en más del 50%. (MENCHÚ, 2011). Los participantes manifestaron no alcanzar el aprovisionamiento adecuado de alimentos en el hogar en un promedio de 2 meses al año, siendo los meses de julio y junio los que más destacaron. El 72.2% refirieron que el frijol poroto para consumo del hogar es de su propia producción agrícola, el 32.4% de localidades campesinas y el 39.8% de localidades indígenas (test de proporciones, p=0.0003). El 25.9% refirieron disponer del grano frijol poroto para el consumo del hogar para 2 a 4 meses, el 29.6% más de 4 meses, el 13.0% un mes y el 5.6% menos del mes. El 66.7% refieren que obtienen el grano de semilla de frijol poroto de su propia producción.

En la prueba de preferencia para la posición número 1 (me gusta más) la variedad rosado obtuvo el 40.3, el cultivar biofortificado P13-38 el 31.9% y el cultivar biofortificado P09-11 el 27.7% (Ver Tabla 1). En la Tabla 2 se presentan las diferencias Críticas absolutas de la suma de rangos para comparaciones entre las muestras de frijol poroto grano rosado con un nivel de significancia de 5%. Comparando las frecuencias totales o sumatoria de los rangos de las tres muestras (cultivares P-09-11 con P-13-38) y (P-13-38 con variedad rosada) en 63 panelistas para el área indígena, no se encontró diferencias superiores al valor crítico de 26, p=0.05. Mientras que al comparar la variedad rosada con cultivar P 0911 si se encontró diferencia de 35 entre la frecuencia total de las muestras por arriba del valor crítico de 26 para una muestra de 63 panelistas, p=0.05. Por otro lado, en el área campesina las frecuencias totales comparadas para tres muestras (variedad rosado y P0911), (cultivares P0911 con P1338) y (P1339 con variedad rosado) en 56 panelistas, no se encontró diferencias superiores al valor crítico de 25, p=0.05. No se observan diferencias en la preferencia para el consumo entre las tres muestras de frijol poroto grano rosado. Al comparar por área de procedencia se observa diferencia solamente en el área indígena entre la variedad Rosado y el cultivar biofortificado P-09-11.

Pruebas de Fitomejoramiento Participativo 2018

En el año 2017-18 se le entregaron a 130 agricultores las líneas P-09-11 y P-13-38 de las comunidades de Santa Fe, El Cañaveral y Chitra en la provincia de Veraguas, El Ciprian, Virotales, Ocú en la provincia de Herrera, Cerro Mesa, Cerro Tula, Boca del Monte y Cerro Iglesias en la Comarca Ngäbe Buglé, Río Sereno, Caisán y San Andrés en la provincia de Chiriquí. Para este propósito se le entregaron 1.0 Kg de semillas de ambas líneas y la que fueron comparadas a la variedad utilizada por los agricultores.

Se tomó una muestra de las líneas evaluadas y las mismas se enviaron al laboratorio del CIAT ubicado en Cali Colombia para su análisis por rayos X y determinar el contenido de hierro (Fe) y zinc (Zn).

La preparación de suelos se realizó utilizando la mínima labranza que 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 utilizaron surcos en el suelo con una azada. Se sembró a una distancia de 0.50 m entre surcos y 0.10 m entre plantas, obteniendo un total de 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, entre 25 y 30 días después de la siembra. (Rodríguez *et al.* 1995). 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 malezas de hoja angosta. (Gamboa y Alemán 1995).

El cultivo se mantuvo sin aplicaciones de fungicidas hasta los 45 días de la siembra para poder realizar la evaluación de la mustia hilachosa en las plantas de frijol, luego de completada esta etapa de la investigación se realizó una aplicación de azoxystrobim en dosis de 10 g i.a/ha (Rodríguez, E. 2012)

RESULTADOS Y DISCUSION

Evaluación de Líneas F6 (2013)

En el Cuadro 2 se presentan las estadísticas descriptivas de la población inicial (567 líneas) así como de la proporción seleccionada (100 líneas) a través del método utilizado de Índice de selección. La ganancia genética del grupo de líneas seleccionadas para la variable rendimiento de grano fue de más de una tonelada que representa 1.32 valores de N (valor normalizado). En cuanto a la mustia hilachosa se logró seleccionar un grupo de líneas con 4.9% menos de plantas que presentan los síntomas de la enfermedad en comparación con el promedio de la población, ésta reducción representó una disminución normalizada de 0.92 veces la media general indicando un avance genético en la tolerancia a este patógeno.

CUADRO 2. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS PARA LAS LÍNEAS DE FRIJOL POROTO DE GRANO ROSADO. PANAMA. 2013

	Rendimiento			Mustia		
	Población	**Selección**	**Diferencia**	**Población**	**Selección**	**Diferencia**
Promedio (tha^{-1})	2.700	3.726	1.026	28.9	24.0	- 4.9
Valor normalizado			1.32			- 0.92
CV (%)	28.8			18.3		
Mínimo (tha^{-1})	0.336			10		
Máximo (tha^{-1})	5.680			50		

En el Cuadro 3 se presentan las mejores 20 líneas tomando en cuenta el índice de selección. Las líneas con índice de selección cercano a cero son las que mejor adaptación tienen a la zona donde se realizó la evaluación porque este valor está en función de la deviación estándar para las dos variables consideradas.

Una vez identificadas las 100 líneas por esta metodología, los productores a través del fitomejoramiento participativo seleccionaron 32 líneas tomando en cuenta el color y tamaño de grano. El rendimiento promedio de estas 32 líneas estuvo entre 3.90 y 4.80 tha^{-1} (Cuadro 4). Para el siguiente ciclo de evaluación

(F7), se tomaron las líneas seleccionadas por los productores más 10 líneas adicionales seleccionadas en el proyecto y los testigos locales. El Fitomejoramiento participativo se basa en el principio de compartir conocimientos, materiales, tareas, responsabilidades, derechos y beneficios, así como en la toma de decisiones sobre el trabajo a realizar. Es una estrategia alternativa al proceso de Fitomejoramiento convencional en donde los diferentes actores de la cadena productiva que trabajan juntos en el proceso de desarrollo de variedades y el fortalecimiento de los sistemas locales de producción de semillas (FPMA, 2014).

Cuadro 3. Mejores 20 líneas por su índice de selección en función al % de severidad de la mustia hilachosa y rendimiento de grano (tha^{-1}). Panamá. 2013.

Entrada	Índice de Selección	Mustia (% de Sev)	Rend (tha^{-1})	Entrada	Índice de Selección	Mustia (% de Sev)	Rend (tha^{-1})
572	0.809	20	4.220	556	2.253	20	3.709
84	0.824	20	4.308	180	2.485	20	3.645
65	0.875	20	4.162	178	3.126	25	4.205
86	1.367	20	3.967	675	3.128	25	4.196
85	1.470	20	3.935	514	3.138	25	4.167
421	1.538	20	3.914	412	3.143	25	4.353
99	1.545	20	3.912	564	3.163	25	4.389
73	1.832	15	3.991	420	3.188	25	4.424
181	1.907	20	3.806	428	3.189	25	4.084
183	1.935	20	3.798	425	3.197	25	4.074

Cuadro 4. Mejores líneas seleccionadas por su rendimiento en t.ha^{-1} a través del índice de selección. Panamá, 2013.

LÍNEA	INDICE DE SELECCIÓN	RENDIMIENTO (t.ha^{-1})	LÍNEA	INDICE DE SELECCIÓN	RENDIMIENTO (t.ha^{-1})
P-16-14	3.875	4.850	P-02-31	3.197	4.074
P-02-20	3.404	4.607	P-06-09	3.197	4.074
P-07-23	3.524	4.552	P-13-35	3.200	4.070
P-03-23	3.188	4.424	P-06-18	5.503	4.042
P-11-25	3.163	4.389	P-02-12	5.509	4.037
P-16-40	5.463	4.379	P-07-05	5.509	4.032
P-05-20	5.456	4.358	P-16-42	3.239	4.029
P-05-37	3.143	4.353	P-03-20	5.515	4.023
P-03-13	5.451	4.338	P-15-32	5.520	4.014
P-16-50	5.451	4.338	P-02-06	5.524	4.009
P-16-17	0.824	4.308	P-14-42	5.524	4.009
P-16-12	0.809	4.220	P-14-44	3.265	4.005
P-03-02	3.126	4.205	P-16-44	3.265	4.004
P-14-17	3.128	4.196	P-11-34	3.262	4.000
P-03-01	3.138	4.167	P-16-13	5.543	3.981
P-16-42	0.875	4.162	P-07-14	5.550	3.972
Rosado C		2.100			

Evaluación de líneas F7 (2014)

En el Cuadro 5 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza del experimento. El mismo indicó que hubo diferencias significativas para todas las variables para los tratamientos o líneas evaluadas. La repetitividad para rendimiento y evaluación de la mustia fue de 0.25 y 0.45, respectivamente. Ambos valores sugieren buena precisión experimental del experimento de acuerdo a lo discutido por Gordón y Camargo (2015). Igualmente indica que las líneas están emparentadas entre sí y que la contribución genética para la mustia hilachosa es mayor que para el rendimiento.

CUADRO 5. VARIANZA Y REPETITIVIDAD DE LAS LÍNEAS DE FRIJOL POROTO. PANAMÁ. 2014.

	RENDIMIENTO	% DE SEVERIDAD DE LA MUSTIA	PLANTAS/m²	RENDIMIENTO/ PLANTA
PROMEDIO	2.930	30.2	15.02	196.49
δ^2 repetición	0.001	0.001	0.001	0.001
δ^2 rep x blk	0.019	9.627	0.186	70.03
δ^2 tratamientos	0.014	30.189	0.001	174.56
δ^2 residual	0.132	112.393	2.238	714.84
Repetitividad	0.25	0.45	0.001	0.42
CV	12.4	34.9	9.95	13.6

Al realizar la prueba de separación de medias utilizando la Diferencia Mínima Significativa al 5% (0.591 tha^{-1}) para el rendimiento de grano se encontró un grupo de líneas que superaron al testigo criollo (2.231 tha^{-1}). Para la respuesta a la mustia hilachosa (DMS de 17.2 %) también se identificó un grupo de líneas que superaron al testigo. El Cuadro 6 presenta las 37 líneas superiores al testigo del productor con valores de mustia entre 17 y 36% y rendimientos superiores a 2.8 tha^{-1}.

Cuadro 6. Rendimiento y severidad de mustia hilachosa en las líneas de frijol poroto. Panamá, 2014.

ENTRADA	RENDIMIENTO ($t.ha^{-1}$)	% de SEVERIDAD DE LA MUSTIA	ENTRADA	RENDIMIENTO ($t.ha^{-1}$)	% de SEVERIDAD DE LA MUSTIA
P 02-29	3.389	13.5	P 09-08	2.915	38.3
P 16-45	3.389	21.7	P 15-11	2.908	27.2
P 11-10	3.325	25.8	P 06-04	2.889	42.0
P 14-31	3.317	18.8	P 07-20	2.875	32.5
P 11-06	3.279	20.8	P 13-26	2.869	29.9
P 17-11	3.261	16.0	P 12-21	2.858	30.4
P 11-50	3.259	16.6	P 06-31	2.839	32.5
P 16-26	3.256	15.2	P 13-38	2.829	24.4
P 10-22	3.222	16.2	P 07-09	2.821	30.6
P 16-41	3.183	24.8	P 10-08	2.818	30.7
P 03-25	3.178	29.5	P 11-15	2.804	37.1
P 13-20	3.156	40.7	P 14-08	2.797	32.4
P 16-13	3.091	31.9	P 09-11	2.792	19.1
P 09-22	3.083	28.2	P 16-31	2.695	38.1
P 11-13	3.073	26.9	P 11-37	2.637	50.4
P 02-14	3.066	17.8	P 11-16	2.637	39.7
P 16-07	3.063	37.3	IDIAP R2	2.636	17.0
P 14-03	2.991	18.8	P 05-31	2.588	26.3
P 09-13	2.959	28.2	P 16-01	2.576	48.5
P 16-40	2.959	26.9	P 10-21	2.540	38.0
P 05-26	2.953	29.3	ROSADO	2.231	53.0
P 14-04	2.947	29.8	P 10-23	2.192	35.1
P 06-35	2.939	25.0	P 11-11	2.139	36.9
DMS 5%	0.591	17.21		2.42	43.42

Análisis del contenido de Fe y Zn en el grano:

En base al análisis de contenido de hierro sobresalieron las líneas P-09-11, P-13-38, P-11-37 y P-14-04 con 87.3, 77.7, 76.2 y 74.8 mg/kg de Fe. Las mejores líneas para ambos elementos se presentan en el Cuadro 7. El coeficiente de variación fue de 17.2% para el rendimiento y 2.4% para la mustia hilachosa respectivamente. Las líneas con mayor contenido de hierro junto a las líneas P-03-25 y P-02-29, por sus características de color, tamaño del grano y rendimiento de 3.178 y 3.389 tha^{-1} respectivamente.

En Guatemala el Instituto de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, ICTA, liberó la variedad de frijol ICTA Superchiva ACM en 2014, conteniendo 40-50% más hierro que variedades actualmente disponibles, y dicha variedad se diseminó el mismo año para promover su uso y consumo a manera de contribuir a la reducción de deficiencias de hierro. (Reyes, 2016). Las variedades liberadas en Panamá tienen entre 75 y 77 ppm de hierro en las variedades de frijol tipo calima y se tiene una línea rosada con 88 ppm de hierro.

En Colombia por su parte se estudió la estabilidad del hierro y zinc en la semilla del frijol. Los resultados sugieren que los contenidos de Fe y Zn se mantuvieron dentro del rango de biofortificación (Zn>25 ppm; Fe>80 ppm) a pesar de los registros sobre el efecto de la interacción GXA, tipo y composición química edáfica; posiblemente debido a efectos genéticos en las variedades evaluadas. Se sugiere la liberación de dos nuevas variedades para el caribe seco de Colombia, CORPOICA Rojo 39 y CORPOICA 43. (Tofiño, 2016)

CUADRO 7. CONTENIDO DE HIERRO (Fe) Y ZINC (Zn) DE LAS LÍNEAS DE FRIJOL POROTO. PANAMÁ, 2014.

Línea	Fe (mg/kg)	Coeficiente de Variación	Zn (mg/kg)	Coeficiente de Variación
P-09-11	88.0 ±0.9192	1.05	32.5±0.3	1.09
P-13-38	78.0 ±0.9	1.18	32.0±0	2.87
P-11-37	76.2 ±0.7	0.09	30.0±0.2	0.71
P-14-04	74.8 ±0.4	0.57	31.5±0.2	0.67
P-03-25	69.8 ±0.1	0.10	34.8±2.1	5.89
NUA 24	69.4 ±0.8	1.12	33.8±0.1	0.42
P-02-29	69.0 ±0.3	0.41	31.5±1-9	6.06
P-11-16	66.4±0.6	0.85	33.2±0.1	0.43
P-11-13	66.0 ±1.01	1.61	30.6±0.8	2.77
NUA 45	65.9 ±1.7	2.58	35.7±0.6	1.58
P-09-08	65.0 ±0.6	0.98	28.4±1.2	4.23
P-16-26	65.0 ±1.1	1.63	30.9±0.2	0.69
P-16-31	64.9 ±2.0	3.05	31.2±1.3	4.31
P-07-09	64.8 ±0.5	0.76	31.7±1.1	3.35
P-13-20	64.7 ±0.1	0.22	27.9±0.07	0.25
IDIAP R-2	62.2 ±0.9	1.59	35.6±0.4	1.19
Rosado FAO	56.4 ±0.7	1.25	29.9±1.2	4.02
Rosado Caisán	55.2 ±0.2	0.38	32.5±0.4	1.31

Validación de Variedades (2015)

En el análisis de varianza practicado se encontró que las localidades, los tratamientos y las localidades x tratamiento presentaron diferencias altamente significativas entre sí (P≤ 0.01). En el Cuadro 8 se presenta el análisis de varianza realizado a los datos experimentales de esta evaluación realizada en campos de agricultores colaboradores.

Cuadro 8. Análisis de Varianza para la validación de las variedades. Panamá 2015-16.

FUENTE DE VARIACIÓN	g.l.	C.M.	Valor de F	Probabilidad
Localidades	4	14.689	239.6	0.0001
Rep(Loc)	10	0.061	0.85	0.5805
Tratamientos	7	0.961	13.37	0.0001
Loc x Trat	28	0.363	5.05	0.0001

Para la interpretación de la interacción genotipo ambiente (Loc x Trat) se utilizó el análisis AMMI Biplot GGE, El análisis de Varianza Tipo IV descompuso la interacción y en el mismo se encontró que los primeros dos Ejes de los Componentes Principales explicaron el 91.7% de la interacción (Cuadro 9). La Figura 1 presenta gráficamente los valores (scores) de los primeros dos ejes de los componentes principales tanto para genotipos como para localidades. Este análisis dos grupos de localidades, el primero o Grupo Ambiental A conformado por las localidades de Las Minas de Herrera, Cerro Mesa en la Comarca Ngäbe Buglé, San Andrés en Chiriquí y Santa Fe de Veraguas. El segundo grupo o Grupo Ambiental B estuvo formado por la localidad de Río Sereno en Chiriquí. En el Grupo A sobresalió la variedad P 13-38, mientras que la variedad P 03-25 fue la mejor en el Grupo B.

Cuadro 9. Análisis de varianza tipo IV para el AMMI Biplot GGE para la validación de las variedades. Panamá. 2015-16.

F.V	g.l.	C.M.	F	Prob	%
AMBIENTES	4	14.69	204.33	0.001	
GENOTIPOS	7	0.96	13.37	0.001	
ENV*GEN	28	0.36	5.05	0.001	
CP1	10	0.966	13.44	0.001	57.2
CP2	8	0.729	10.14	0.001	34.5

Cuando se le preguntó a los agricultores que cual variedad preferían por su color y tamaño del grano indicaron que de las tres variedades biofortificadas prefieren la P-09-11 en tanto que de las líneas con alto rendimiento prefieren la P-13-38. La línea biofortificada seleccionada es la que mayor contenido de hierro tiene lo que puede utilizarse como una razón adicional para su posterior liberación como variedad. La práctica de las observaciones realizadas por los agricultores se pueden observar en la figura 2.

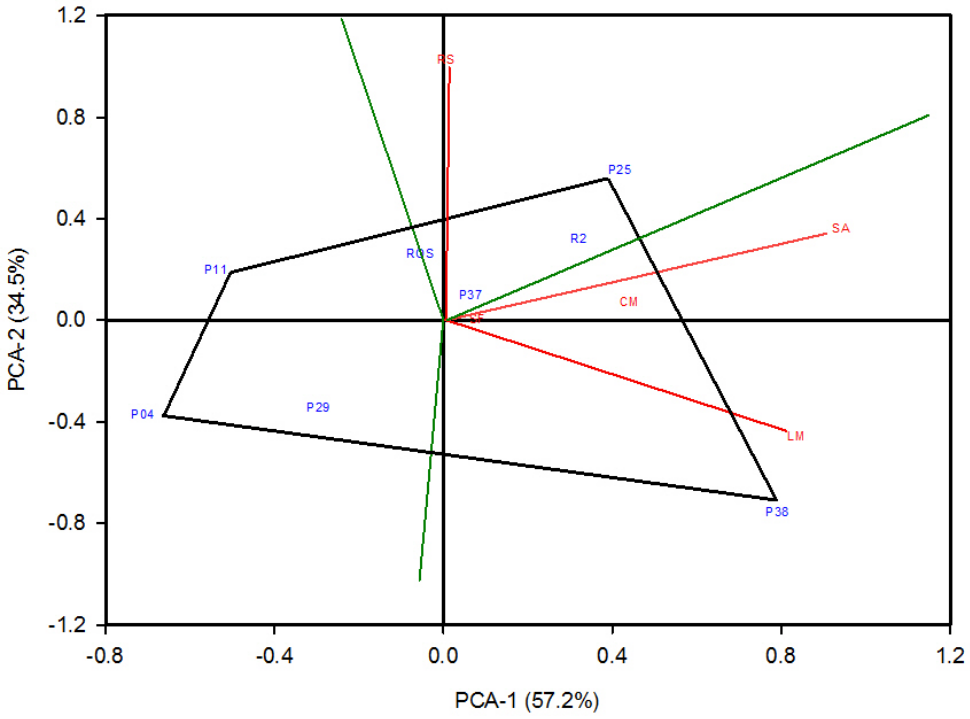

FIGURA 1. ANALISIS AMMI – BIPLOT GGE. PANAMA. 2015-16.

VALIDACION 2017

Cuando se realizó el análisis de varianza Tipo III se encontraron diferencias altamente significativas para localidades en estudio y localidad por tratamiento ($p \leq 0.0172 - 0.00019$) y no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ni para localidades dentro de las repeticiones ($p \geq 0{,}3219 - 0.9919$), es decir todas las variedades fueron estadísticamente iguales tal como se observa en el Cuadro 10.

CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA TIPO III PARA LA VALIDACIÓN DE NUEVAS VARIEDADES DE FRIJOL POROTO EN PANAMÁ.

F de V	gl	SC Tipo III	C Medio	F-Valor	Probabilidad
LOCALIDAD	5	32.70	6.54	141.98	0.0001
REP(LOC)	12	0.55	0.05	0.53	0.8819
TRATAM.	3	0.32	0.11	1.2	0.3219
LOC*TRATAM.	15	3.10	0.21	2.37	0.0172

Cuando se utilizamos el LSD observamos que los rendimientos de todas las variedades son menores al promedio más el LSD lo que nos indica que no son diferentes entre sí los tratamientos en estudio. Se observa que la repetitividad es bajas debido a que las diferencias entre los tratamientos es poca por tanto la desviación estándar tenderá a ser cero. En tanto el coeficiente de variación fue muy bueno para las variables estudiadas.

CUADRO 11. LSD Y REPETITIVIDAD PARA LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO EN LA VALIDACIÓN DE LÍNEAS DE FRIJOL POROTO.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTOS kg.ha-1	PTM^2	REND X PLANTA
P-09-11	1.939	87.5	10.59
IDIAP R2	1.870	87.17	10.38
ROSADO	1.792	84.72	9.94
P-13-38	1.773	87.33	9.61
Promedio	1.844	86.68	10.13
LSD	0.293	3.69	1.68
Repetitividad	0.001	0.03	0.001
DMS/Rango	1.76	1.33	1.73
CV	15.04	5.0	14.64

Se practicó el análisis Tipo IV y componentes principales para el rendimiento de grano de las variedades estudiadas y se encontró que los ambientes son diferentes estadísticamente entre sí, así como los genotipos por ambientes en evaluación. Los genotipos o variedades fueron iguales tal como se mostró en el análisis anterior. Cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis de varianza Tipo IV y componentes principales (PCA) para la variable rendimiento de grano, Validación de variedades de Poroto, Panamá, 2016-2017

F de V.	*g.l.*	*Suma de Cuadrados Tipo IV*	*Cuadrados Medios*	*Probabilidad F*
AMB	5	32.70	6.54	0.001
GEN	3	0.32	0.11	0.32
GEN x AMB	15	3.10	0.21	0.02
PCA-1	7	2.58	0.368	0.02
PCA-2	5	0.73	0.146	0.16
Residuo	4	0.10	0.026	

Se realizó el análisis AMMI-Biplot con el que se explica el 97 % de la variación genética en el experimento. Y se forman tres grupos de localidades, el primer grupo y mas grande de todos formados por las localidades Cerro Mesa, Boca del Monte, en la Comarca Ngäbe Bugle; El Alto y El Pantano en Santa Fe de Veraguas, el Cipriam forma un segundo grupo y la localidad de las playitas en tercer grupo para este estudio. En el primer grupo sobresale la variedad IDIAP R2 en tanto que en el segundo aparece la variedad P-09-11 las que están por encima de la media y en el tercero aparece la variedad P-13-38 la que está por debajo de la media.

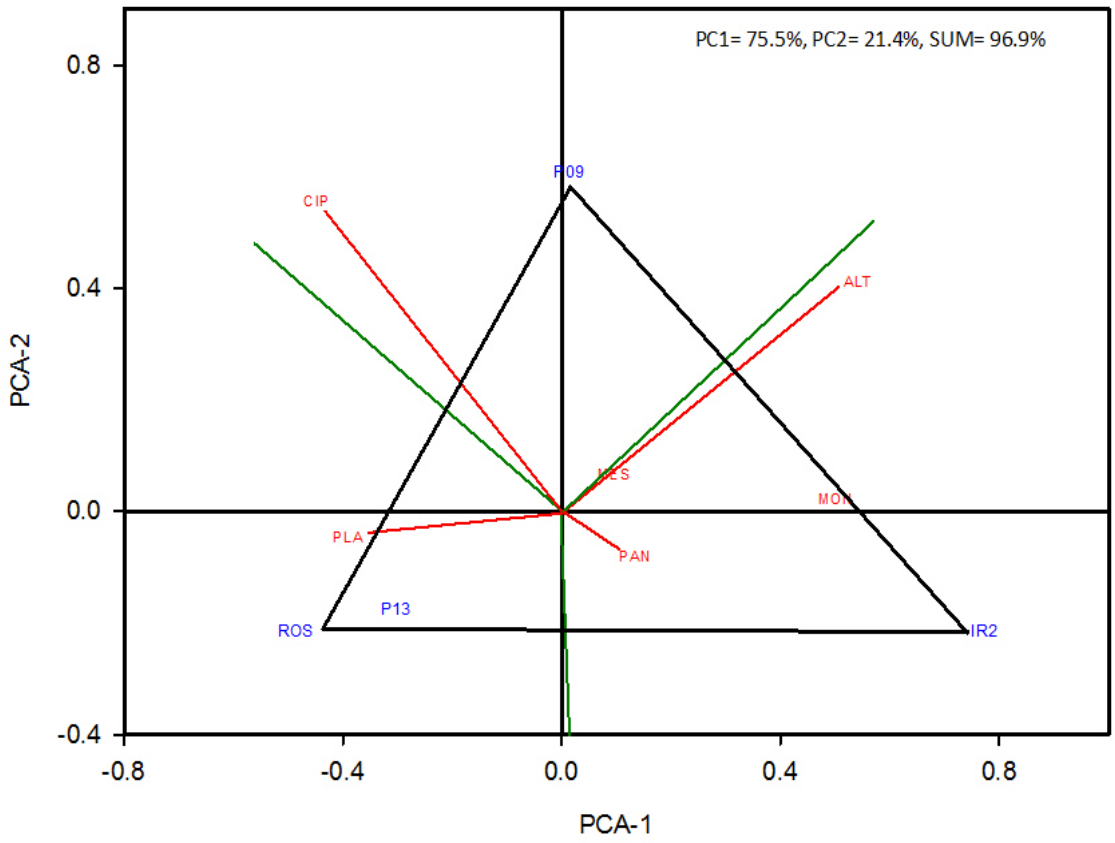

Figura 2. Ammi-Biplot para los rendimientos en las diferentes localidades estudiadas. Panamá 2017.

Análisis Sensorial 2017

Como resultados de la encuesta encontramos que el 51.9% eran provenientes de localidades campesinas y el 48.1% de localidades indígenas. El 77.8% de los participantes manifestaron que el frijol poroto es uno de los cultivos principales para la siembra; el 97.2% consumen el frijol poroto, donde el 76.8% lo consume más de 2 a 4 veces a la semana, lo que demuestra que el frijol poroto es un cultivo y alimento básico para este grupo de consumidores. Coincidiendo con el Análisis de la situación Alimentaria en Panamá realizado en base a los datos de la Encuesta de Niveles de Vida del 2008, donde el consumo de leguminosas en zonas urbanas y rurales fue del 85%, siendo la leguminosa más usada por los hogares indígenas el frijol en más del 50%. (MENCHÚ, 2011). Los participantes

manifestaron no alcanzar el aprovisionamiento adecuado de alimentos en el hogar en un promedio de 2 meses al año, siendo los meses de julio y junio los que más destacaron. El 72.2% refirieron que el frijol poroto para consumo del hogar es de su propia producción agrícola, el 32.4% de localidades campesinas y el 39.8% de localidades indígenas (test de proporciones, p=0.0003). El 25.9% refirieron disponer del grano frijol poroto para el consumo del hogar para 2 a 4 meses, el 29.6% más de 4 meses, el 13.0% un mes y el 5.6% menos del mes. El 66.7% refieren que obtienen el grano de semilla de frijol poroto de su propia producción.

En la prueba de preferencia para la posición número 1 (me gusta más) la variedad rosado obtuvo el 40.3, el cultivar biofortificado P13-38 el 31.9% y el cultivar biofortificado P09-11 el 27.7% (Cuadro 13). En el Cuadro 14 se presentan las diferencias Críticas absolutas de la suma de rangos para comparaciones entre las muestras de frijol poroto grano rosado con un nivel de significancia de 5%. Comparando las frecuencias totales o sumatoria de los rangos de las tres muestras (cultivares P-09-11 con P-13-38) y (P-13-38 con variedad rosada) en 63 panelistas para el área indígena, no se encontró diferencias superiores al valor crítico de 26, p=0.05. Mientras que al comparar la variedad rosada con cultivar P 0911 si se encontró diferencia de 35 entre la frecuencia total de las muestras por arriba del valor crítico de 26 para una muestra de 63 panelistas, p=0.05. Por otro lado, en el área campesina las frecuencias totales comparadas para tres muestras (variedad rosado y P0911), (cultivares P0911 con P1338) y (P1339 con variedad rosado) en 56 panelistas, no se encontró diferencias superiores al valor crítico de 25, p=0.05. No se observan diferencias en la preferencia para el consumo entre las tres muestras de frijol poroto grano rosado. Al comparar por área de procedencia se observa diferencia solamente en el área indígena entre la variedad Rosado y el cultivar biofortificado P-09-11.

Cuadro 13. Porcentaje de preferencia por ordenamiento (rangos) para cada cultivar de frijol poroto grano rosado evaluado según área.

Procedencia	ROSADO			P13-38			P09-11		
	Me gusto más€	Ni me gusta ni me disgusta ᾳ	Me gusto menos¤	Me gusto más€	Ni me gusta ni me disgusta ᾳ	Me gusto menos¤	Me gusto más€	Ni me gusta ni me disgusta ᾳ	Me gusto menos¤
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Total (n=119)	48 (40.3)	36 (30.2)	35 (29.4)	38 (31.9)	41 (34.4)	40 (33.6)	33 (27.7)	42 (35.3)	44 (37.0)
Área campesina (n=56)	14 (11.8)	21 (17.6)	21 (21.6)	18 (15.1)	23 (19.3)	15 (12.6)	24 (20.2)	12 (10.1)	20 (16.8)
Área indígena (n=63)	34 (28.5)	15 (12.6)	14 (11.8)	20 (16.8)	18 (15.1)	25 (21.0)	9 (7.5)	30 (25.2)	24 (20.2)

€ Categoría asignada para el rango 1 o primera posición por ordenamiento.
ᾳ Categoría asignada para el rango 2 o segunda posición por ordenamiento.
¤ Categoría asignada para el rango3 o tercera posición por ordenamiento.

Cuadro 14. Diferencias Críticas absolutas de la suma de rangos para comparaciones entre tres muestras de frijol poroto grano rosado a un nivel de significancia de 5%.

Procedencia	***Valor crítico***	***Comparaciones entre tres muestras***					
		P0911 - Rosado		***P0911 – P1338***		***P1338 - Rosado***	
		Diferencia de la suma de Rangos¤	*Diferencia crítica ᾳ*	*Diferencia de la suma de Rangos¤*	*Diferencia crítica*	*Diferencia de la suma de Rangos¤*	*Diferencia crítica*
Total (n=119)	*53*	*(249-225)*	*24 [a]*	*(249-240)*	*9 [a]*	*(240-225)*	*15 [a]*
Área campesina (n=56)	*25*	*(119-108)*	*11 [a]*	*(119-109)*	*10 [a]*	*(109-108)*	*1 [a]*
Área indígena (n=63)	*26*	*(141-106)*	*35 [b]*	*(141-131)*	*10 [a]*	*(131-106)*	*25 [a]*

¤ la suma de rangos corresponde a todos los valores de acuerdo a la posición en la prueba por ordenamiento.
ᾳ Si el resultado de la diferencia de la frecuencia de dos variedades está por arriba del valor crítico entonces hay diferencia entre las muestras.
[a] Suma de rangos estadísticamente no son diferentes entre sí, según el análisis de ordenamiento por rangos (p=0.05)
[b] Suma de rangos estadísticamente diferente, según el análisis de ordenamiento por rangos (p=0.05)

Evaluación participativa 2018

En el año agrícola 2017-18 se realizó la evaluación participativa y fueron analizados 75 datos correspondientes a los agricultores que completaron la información solicitada.

En este análisis al comparar el cultivar P-13-38 con el testigo del productor (Rosado, Chileno, IDIAP NUA 24, IDIAP NUA 45 o IDIAP R2) se midió la homogeneidad de la varianza por el método de Bonet y Levene y se encontró que para ninguno de los dos métodos hay significancia en la misma (P≥0.197 y 0.163); se corrió la prueba de t y se acepta la hipótesis alternativa el que indica que ambos cultivares son iguales (P≥0.820). El cultivar P-13-38 tienen 78 ppm de Fe el cual supera al testigo del productor en un 56 % de este elemento lo que lo hace tener un valor agregado por ser un alimento con mayor contenido de hierro.

Cuadro 15. Prueba de homogeneidad de varianza para los cultivares P-13-38 vs Testigo del Productor. Panamá. 2018

Método	Estadística de prueba	GL1	GL2	Valor p
Bonett	**1.67**	**1**		**0.197**
Levene	**1.97**	**1**	**136**	**0.163**

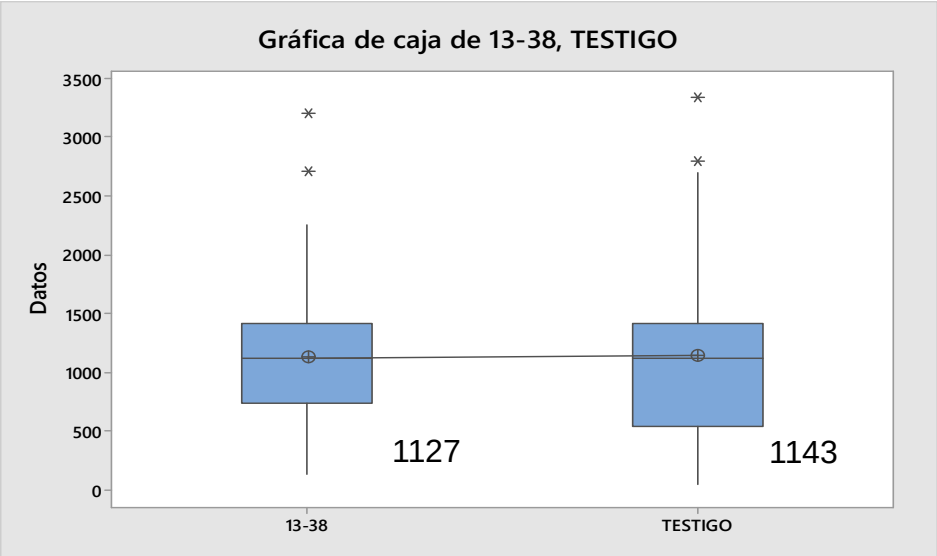

Figura 3. Rendimientos del Cultivar P-13-38 y el testigo del Productor. Panamá. 2018.

Cuando se realiza la prueba de homogeneidad de varianza de los cultivares P-09-11 y el testigo del productor se encontraron diferencias significativas para las mismas, (P≥0.011 y 0.014) lo que indica que los datos no tienen distribución normal sino continua por lo que se analizaron los datos de esta manera y tampoco se encontraron diferencias significativas para los datos (P≥0.086). La diferencia está en el contenido de Fe ya que este cultivar tiene 88 ppm del elemento lo que representa un 76 % más hierro que el testigo del productor, lo que también representa una ventaja cuando se comparan estas variedades.

Descripción Varietal

Se realizó la descripción varietal de ambos cultivares de frijol los que se encuentran en los cuadros 16, 17, 18 y 19 respectivamente y son se dan detalles de los caracteres cuantitativos y cualitativos del cultivar P-13-38 y P-09-11.

Cuadro. 16. Caracteres Cuantitativos del Cultivar P-13-38. Panamá- 2018

P-13-38 CUANTITAVOS	X	DE	CV	Límite de Confianza
Días de la floración	31.8	0.422	1.3	0.43
Duración de la floración	19.3	0.823	4.3	0.85
Longitud del tallo principal (cm)	38.6	2.271	5.9	2.33
Numero de nudos	8.5	0.850	10.0	0.87
Longitud de la hoja (cm)	10.9	0.669	6.2	0.69
Ancho de la hoja	9.6	0.615	6.4	0.63
Días de la madurez fisiológica	60.8	0.789	1.3	0.81
Días a la cosecha	74.0	0.850	1.1	0.87
Longitud de la vaina (cm)	13.6	0.725	5.3	0.74
Anchura de las vainas (cm)	1.0	0.052	5.0	0.05
Número de vainas por planta	11.8	3.011	25.5	3.09
Número de semilla por vaina	5.0	0.000	0.0	0.00
Peso de 100 semillas (g)	52.2	0.973	1.9	1.00

Cuadro 17. Caracteres Cualitativos de los cultivares P-13-38. Panamá. 2018.

CARACTERES VARIETALES	C.P %
EN ESTADO DE PLANTULAS	
Color del hipocótilo	100 % VERDE
Color de los cotiledones	100 % AMARILLOS
Color de las nervaduras de las hojas primarias.	100 % VERDE
AL MOMENTO DE LA FLORACIÓN	
Tamaño de las brácteas	100 %
Color de las alas de la flor	100 % BLANCO
Color de estandarte	100 % BLANCO
Color de la flor	100 % BLANCO
Color de cáliz	100 % VERDE
Habito de crecimiento	100 % T1= ARBUSTIVO DETERMINADO
Color del tallo principal	100 % VERDE
Pubescencia del tallo principal	100 % INPUBESCENTE
Tipo de ramificación	100 % COMPACTA
Forma de la hoja	100 % REDONDEADA
Color de la hoja	100 % VERDE OSCURO
AL MOMENTO DE LA MADUREZ FISIOLOGICA	
Color de las vainas	100% CREMA JASPEADAS DE MORADO
Forma del corte transversal de la vaina en la planta	100 % 0VOIDE
Distribución de las vainas en la planta	100 % UNIFORME
AL MOMENTO DE LA COSECHA	
Color de las vainas	100 % CREMA
Perfil de las vainas	70 % MEDIANAMENTE CURVO Y 30 % RECTO
Tipo de ápice	100 % PUNTIAGUDO
Grado de curvatura del Ápice	100 % MEDIANAMENTE CURVO
Grado de curvatura según la sutura placental	INVERSO
Color primario de las semillas	ROJO

Brillo de la testa de la semilla	100 % INTERMERDIO
Color del borde del hilo	100 % INCOLORO
Forma de la semilla	100 % OVOIDE
Reacción a enfermedades	
Brillo de la testa de la semilla	100 % INTERMEDIO

Cuadro. 18. Caracteres Cuantitativos del Cultivar P-11-09. Panamá- 2018

P-09-11 CUANTITATIVOS	**X**	**DE**	**CV**	IC 99% **Límite de Confianza**
Días de la floración	31.0	0.943	3.0	0.97
Duración de la floración	20.5	1.179	5.7	1.21
Longitud del tallo principal (cm)	41.9	1.969	4.7	2.02
Numero de nudos	7.8	0.422	5.4	0.43
Longitud de la hoja (cm)	11.0	1.130	10.3	1.16
Ancho de la hoja	9.3	0.717	7.7	0.74
Días de la madurez fisiológica	62.4	0.699	1.1	0.72
Días a la cosecha	78.4	1.578	1.9	1.62
Longitud de la vaina (cm)	13.4	0.568	4.2	0.58
Anchura de las vainas (cm)	1.0	0.042	4.1	0.04
Número de vainas por planta	10.1	1.663	16.5	1.71
Número de semilla por vaina	5.1	0.316	6.2	0.32
Peso de 100 semillas (g)	59.3	1.432	2.4	1.47

Cuadro 19. Caracteres Cualitativos de los cultivares P-13-38. Panamá. 2018.

CARACTERES VARIETALES P-09-11	
ESTADO DE PLÁNTULA	
Color del hipocótilo	100 % VERDE
Color de los cotiledones	100 % AMARILLOS
Color de las nervaduras de las hojas primarias.	100 % VERDES
AL MOMENTO DE LA FLORACIÓN	
Tamaño de las brácteas	100 % MEDIANO
Color de las alas de la flor	100 % BLANCO
Color de estandarte	100 % BLANCO
Color de la flor	100 % BLANCO
Color de cáliz	100 % VERDE
Color del tallo principal	100 % VERDE
Pubescencia del tallo principal	100 % INTERMEDIO
Tipo de ramificación	100 % COMPACTA
Forma de la hoja	100 % OVALADA
Color de la hoja	100 5 VERDE OSCURO
AL MOMENTO DE LA MADUREZ FISIOLOGICA	
Color de las vainas	100 % AMARILLAS CON PIGMENTOS ROJIZOS
Forma del corte transversal de la vaina en la planta	100 % OVOIDE
Distribución de las vainas en la planta	100 % UNIFORME
AL MOMENTO DE LA COSECHA	
Color de las vainas	100 % CREMA
Perfil de las vainas	100 % RECTO
Tipo de ápice	100 % PUNTIAGUDO
Grado de curvatura del Ápice	100 % MEDIANAMENTE CURVO
Grado de curvatura según la sutura placental	100 % INVERSO
Color primario de las semillas	100 % ROJO
Brillo de la testa de la semilla	100 % INTERMEDIO
Color del borde del hilo	100 % SIN COLOREAR
Forma de la semilla	100 % OVOIDE
Forma de consumo	GRANO FRESCO Y GRANO SECO

Conclusiones

1. Se generaron líneas provenientes de cada cruzamiento, se evaluaron y analizaron seleccionándose las líneas mas prometedoras.
2. Se validaron en campos de productores por dos años consecutivos resultando las líneas P-09-11 y P-13-38 como las líneas con más características exigidas por los agricultores.
3. A través del Fitomejoramiento Participativo se demostró que las nuevas variedades son iguales al testigo utilizado por el productor.
4. El cruzamiento con los más altos rendimientos fue VELAZCO LARGO x NUA 35 y el que más contribuyó a disminuir el % de severidad de la mustia hilachosa fue IDIAP R2 x NUA 35.
5. Los cultivares P-09-11 y P-13-38 tiene contenidos de 88 ppm con 78 ppm de hierro comparadas al Rosado Criollo o IDIAP R 2 que tienen entre 50 y 55 ppm de F.e

BIBLIOGRAFÍA

Beebe 2017. http://blog.ciat.cgiar.org/es/lanzan-nuevas-variedades-de-frijol-para-mejorar-la-alimentacion-de-los-colombianos-y-responder-al-cambio-climatico/

Carrillo P, Gallego S, Talsma E. 2015. **Manual** de campo: **Evaluación Sensorial de Cultivos biofortificados.** CIAT, Colombia. 45 p.

Domínguez, M. 2007. Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. Agrosalud, Lima. 45 p.

Gamboa, C. J; Alemán, F. 1995. Manejo Integrado de Malezas en Frijol Común (***Phaseolus vulgaris*** L.). Cali, C, CIAT. 65 p.

Gordón, R; Camargo, I. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental enensayos de maíz. Agron Mesoam 26(1):55-63.

HarvestPlus (2014). Annual Report 2014.

HarvestPlus (s.f.). Biofortified Beans. Recuperado en http://r4d.dfid.gov.uk/pdf/outputs/misc_crop/beans.pdf

http://caracol.com.co/emisora/2016/06/10/cali/1465588193_117084.html

Haas,JD; Luna SV; Lung´aho, MG; Wenger, MJ; Murray LE; Beebe, S; Gahutu JB; Egli IM. 2016. Consuming Iron Biofortified Beans Increases Iron Status in Rwandan Women after 128 Days in a Randomized Controlled Feeding Trial. J. Nutr. vol. 146 no. 8 **1586-1592.**

OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2012. Interpretando los patrones de Crecimiento. Consultado 18 nov. 2016. Disponible en www.who.int/childgrowth/training/c_interpretando.pdf

Pachón, H. 2009. El Impacto Nutricional de Cultivos Biofortificados o Cultivos con Mayor Calidad Nutricional. Proyecto Agro salud. CIAT, CO.

Programa Colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica (FPMA). 2014. Guía Metodológica de Fitomejoramiento Participativo. 74 pp.

Reyes B. y colab. 2016. Aceptabilidad de variedad de frijol con alto contenido de hierro: el caso de icta superchiva en Guatemala. PCCMCA. Memoria. Costa Rica.

Rodríguez, E. 2012. Producción de semilla de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) con tecnología amigable con el ambiente.

Rodríguez, E; Gordon, R; González, F. 2016. Líneas de frijol poroto biofortificado de grano rosado en Panamá. Revista Ciencia Agropecuaria. No. 24: 35-51

Tofiño, A.; R. Tofiño; I. Pastrana. Estabilidad del contenido de micronutrientes de variedades biofortificadas de fríjol en el caribe Colombiano 2016. PCCMCA. Memoria. Costa Rica.

Vargas, M. J. Crossa y Col. 2013. Meta: A Suite of SAS Programs to Analyze Multienviroment Breeding Trials. Agronomy Journal. Volumen (105): 11-19.