

LÍNEAS DE FRIJOL POROTO CON ALTO CONTENIDO DE HIERRO Y ZINC¹

Emigdio Rodríguez Quie²; Román Gordón Mendoza³; Francisco González Guevara⁴; Eric Quirós Rodríguez⁵; Ricardo Hernández Rojas⁶; Eduardo Palacios Rodríguez⁷; Audino Melgar Moreno⁸

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar un grupo de líneas de frijol poroto para seleccionar las de mayor rendimiento de grano y alto contenido de hierro y zinc. En el 2009, se seleccionaron parcelas en siete áreas agroecológicas contrastantes para evaluar 64 líneas utilizando un diseño de Alfa Látice 8 x 8 con dos repeticiones. En el segundo año, las 20 mejores líneas se evaluaron en cuatro localidades en un diseño Alfa Látice 5 x 4 con tres repeticiones. En ambos ciclos de evaluación, se realizó un análisis tipo REML para estimar los componentes de la varianza para rendimiento de grano. Para la interpretación de la interacción genotipo ambiente se utilizó el análisis AMMI Biplot-SReg. En el primer año se realizó el análisis combinado de cinco de las siete localidades en función al cálculo del índice de repetitividad ($h^2 > 0.30$) calculado para la variable rendimiento. El análisis de varianza indicó diferencias ($P < 0.01$) para los ambientes, genotipos y la interacción genotipo ambiente; los componentes principales 1 y 2 resultaron diferentes ($P < 0.01$). Seleccionaron 11 líneas con alto contenido de hierro y zinc y ocho líneas por sus altos rendimientos. Para el segundo año se encontraron diferencias ($P < 0.01$) entre localidades y tratamientos. Las líneas de frijol poroto con mayores contenidos de hierro fueron NUA 24, NUA 27, NUA 59 y NUA 46 con 93, 87, 85 y 83 ppm, respectivamente. El promedio del contenido de zinc para estas líneas fue de 33 ppm.

PALABRAS CLAVES: Variedades, localidades, interacción genotipo ambiente, rendimiento, Biplot GGE-SReg.

¹ Recepción: 31 de julio de 2013. Aceptación: 2 de octubre de 2013. Trabajo del IDIAP financiado por el proyecto de Biofortificación del frijol común en Panamá. SENACYT.

² M.Sc. en Fitomejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc). e-mail:erodriguezq15@yahoo.es

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

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

⁵ Ing. Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail:ericquirosr@yahoo.es

⁶ Ing. Agr. IDIAP. CIAC. e-mail:ricahernandezr@yahoo.es

⁷ Ing. Agr. IDIAP. CIAOc. e-mail:ingeduardopr03@yahoo.com

⁸ M.Sc. en Nutrición Animal. IDIAP. CIAOc. e-mail:melgmore@gmail.com

LINES OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) WITH HIGH OF IRON AND ZINC

ABSTRACT

This work was developed in order to evaluate a group of kidney bean lines and to select those with high grain yield and high iron and zinc content. In 2009 there were selected seven contrasting ecological environment to assess 64 lines using an Alpha Lattice Design 8 x 8 with two replicates. During the second year the top 20 lines were evaluated at four locations with an Alpha Lattice 5 x 4 with three replicates. Assessments in both cycles of yield were analyzed with REML, to estimate variance components for grain yield. The genotype-environment interaction was explained using AMMI Biplot-SReg analysis. During the first year, five locations were included in a combined analysis due to the repeatability index ($h^2 > 0.30$) of grain yield. The analysis of variance indicated differences ($P < 0.01$) among environments, genotypes and genotype-environment interaction; the main components 1 and 2 were also significant ($P < 0.01$). Eleven lines were selected with high iron and zinc content and 8 lines for its high yields. For the second year high significant differences ($P < 0.01$) between sites and treatments were found. The beans lines with the highest iron content were NUA 24, NUA 27, NUA 59 and NUA 46; with 93, 87, 85 and 83 ppm, respectively. The zinc content averaged 30.93 ppm for each of these lines.

KEYWORDS: Varieties, locations, genotype environment interaction, performance, Biplot GGE-SReg.

INTRODUCCIÓN

La deficiencia de hierro es la principal causa de anemia, su gran prevalencia indica que es la más ampliamente distribuida en el mundo. El estimativo de anemia global es alrededor del 30%, (2000 millones de personas) (Rodríguez 2008). Es mayor en países del sur de Asia y África (44 a 56%), y Asia oriental y Latinoamérica (20 a 26%), que en países industrializados (8-12%). El déficit de hierro puede ser mayor que la

anemia, ya que pueden coincidir niveles adecuados de hemoglobina con cantidad muy baja en ferritina. La deficiencia ocurre principalmente en mujeres en edad fértil y niños (FAO 2000).

En Panamá, la situación es preocupante por encontrarse en un promedio a nivel nacional del 20.6% de la población total de niños en edad escolar que marcan niveles de desnutrición (Beebe 1997, Rodríguez 2008).

En la zona urbana se diagnosticó un 13.6%, en el área rural total un 29%, en las rurales no indígenas 18.5%, en la rural indígena 56%, en las catalogadas como no pobres un 10.2%, en las pobres 29.8% y en las de pobreza extrema 39.6%. Las áreas con mayores niveles de desnutrición se registran en las comarcas Ngäbe Buglé (71.8%), Guna Yala (66.3%) y Emberá (60.1%), las provincias de Bocas del Toro y Chiriquí muestran 36.3 y 15.4%, respectivamente (Rodríguez 2008).

La deficiencia de zinc, especialmente en poblaciones que no tienen una dieta adecuada, contribuye de manera importante a reducir el crecimiento y la resistencia a enfermedades infecciosas, al aumento de la incidencia de la mortalidad, y posiblemente, a una alteración del desarrollo cognoscitivo (De Onis et al. 2000, FAO 2001a). Sin embargo, son escasos los estudios y encuestas que reportan este problema, en los países en desarrollo (FAO 2001b).

Existen tres formas de combatir la desnutrición por micronutrientes: los enfoques basados en la suplementación con productos farmacéuticos, la fortificación de productos agrícolas transformados y la biofortificación (Graham et al. 2000).

Los adelantos de los programas de suplementación han sido significativos en la lucha contra la deficiencia de micronutrientes y éstos pueden ser efectivos, en términos de costos, a corto plazo (Kelly 1992). Pero en muchas partes del mundo en desarrollo, el acceso limitado de la población más pobre a servicios adecuados de salud, obstaculiza severamente esta estrategia.

La fortificación de alimentos requiere de infraestructura industrial y de mercados bien establecidos para el procesamiento y la entrega de alimentos que no están disponibles en muchos países en desarrollo. En los sitios donde hay disponibles alimentos fortificados están fuera del alcance de la población de más bajos recursos. Los enfoques de suplementación y de fortificación son limitados en el sentido de que a veces no cumplen con las necesidades de las poblaciones marginadas y demandan esfuerzos y gastos constantes para poder sostenerlos, y por lo general, tratan los síntomas de la desnutrición por micronutrientes pero no abordan las causas del problema.

El enfoque de biofortificación de cultivos parte de la base de tener unos costos fijos, una sola vez, para

desarrollar metodologías de mejoramiento, incorporar rasgos de calidad nutricional en variedades cultivadas comercialmente y adaptar esas variedades a diferentes ambientes. Esto hace que este enfoque sea atractivo en términos económicos en comparación con los programas de suplementación y fortificación, puesto que no se requieren grandes inversiones a intervalos regulares durante el tiempo que dure el programa y los costos no aumentan con el número de personas beneficiadas.

La biofortificación para aumentar la cantidad de micro nutrientes en cultivos de frijol poroto constituye un primer paso para el desarrollo de un programa con base en un sistema alimenticio que busca reducir los problemas de anemia y las deficiencias de micro nutrientes como el hierro y el zinc, en forma preventiva, no curativa.

Estudios preliminares indican que la biodisponibilidad está asociada con el contenido de hierro sugiriendo que no hay un aumento simultáneo de sustancias que interfieren con la absorción y que proveen mayor cantidad de hierro es una estrategia viable y que debe ser considerada por los programas

de mejoramiento (Welch et al. 2000, Graham et al. 1999).

Evaluaciones de líneas avanzadas del frijol común, las que se obtuvieron de cruzamientos entre diversas fuentes en el CIAT, en países como Colombia, Cuba y Bolivia, se demostró que existen materiales con mayor contenido de hierro y zinc y con tan buenos rendimientos como las variedades mejoradas que existen actualmente en estos países (Rodríguez 2008). El siguiente experimento se estableció con el objetivo de seleccionar líneas y/o variedades de frijol común con mayor contenido de hierro y zinc que las variedades cultivadas tradicionalmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el primer año de evaluación 2009, se seleccionaron parcelas en siete áreas agroecológicas contrastantes, para evaluar las líneas del vivero de altos nutrientes en el cultivo del frijol poroto o líneas NUA. Estas fueron sembradas en fincas de productores colaboradores, con la participación de las organizaciones más importantes en cada zona de producción. Las áreas seleccionadas fueron: Cerro Mesa y Cerro Tula en la comarca Ngäbe Buglé; en Santa Fe de Veraguas se seleccionaron las localidades de El Alto y

la Montañuela; en el sur de Soná en La Zumbona y en la provincia de Chiriquí se sembraron en las localidades de Salitral de San Andrés y Caisán.

Se utilizó la tecnología IDIAP de mínima labranza generada para el cultivo del frijol poroto.

Para el análisis combinado de las localidades se utilizó el procedimiento REML para estimar los componentes de varianzas del modelo lineal. A continuación el modelo utilizado:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{Loc}_i + \text{Rep}_j (\text{Loc}_i) + \text{Block}_j (\text{Loc}_i \text{Rep}_j) + \text{Gen}_l + \text{Loc}_i \text{Gen}_l + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Rendimiento de un tratamiento de interés

μ = Media General

Loc_i = Es el efecto de ambiente

$\text{Rep}_j (\text{Loc}_i)$ = Efecto de repetición anidado entre localidades

$\text{Block}_j (\text{Loc}_i \text{Rep}_j)$ = Efecto del bloque incompleto dentro de la interacción Ambiente por repetición

Gen_l = Efecto de los genotipos

$\text{Loc}_i \text{Gen}_l$ = Efecto de la interacción genotipo por ambientes

ε_{ijk} = Efecto Residual

Para el análisis de estabilidad se utilizó el modelo AMMI-Biplot GGE-SReg. Este modelo combina el de Efectos Principales e Interacción Multiplicativa (AMMI) y el modelo de Regresión de sitios (SReg). El modelo AMMI integra el análisis de varianza y el análisis de componentes principales (PCA) para determinar la interacción de los tratamientos en los distintos ambientes (Zobel et al. 1988, Yan et al. 2000).

El modelo matemático para el análisis AMMI es:

$$Y_{te} = \mu + \tau_t + \beta_e + \sum^N \lambda_n Y_{tn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

Donde:

Y_{te} = Rendimiento promedio de un tratamiento t en un ambiente e

μ = Media General

λ_n = Es el valor singular para el PCA

N = Número de PCA retenidos en el modelo

Y_{tn} = Son los valores de vectores de los tratamientos (PCA)

τ_t = Efecto de las desviaciones de las medias de los tratamientos

β_e = Efecto de las desviaciones de las medias del ambiente

δ_{en} = Son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA)

ρ_{ge} = Residual

Para la siembra de los experimentos se utilizó el diseño Alfa Látice 8 x 8 con dos repeticiones. Se hizo un desglose de la varianza a través del método REML. En el segundo año se evaluaron las 20 mejores líneas del primer año evaluación, utilizando el diseño Alfa Látice 5 x 4 con tres repeticiones. Los ensayos fueron sembrados en cuatro ambientes: Cerro Tula y Cerro Mesa en la comarca Ngäbe Buglé, El Tute y San Francisco en Santa Fe de Veraguas.

Se evaluó la variable de rendimiento de grano y se midió el contenido de Fe y Zn en las variedades estudiadas.

Se incorporó en un trabajo participativo a las asociaciones de productores y productoras de cada localidad, desde la selección de los lotes a utilizar hasta la selección de las variedades por su color de grano y apariencia física.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primer año

En el análisis de varianza por localidad (Cuadro 1), se observó diferencias estadísticas para tratamientos. El cálculo de la repetitividad para las

localidades de Caisán y La Montañuela está por debajo de 0.20, lo cual indicó que hay poco aporte de éstas para seleccionar las mejores variedades evaluadas, por esta razón, fueron excluidas del análisis combinado.

El análisis combinado de las cinco localidades restantes se muestra en el Cuadro 2. El mismo presenta diferencias altamente significativas entre tratamientos para el rendimiento de grano. La variable número de plantas cosechadas no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos. El valor de la repetitividad del rendimiento de grano fue de 0.70. La interacción genotipo ambiente para rendimiento fue altamente significativa. La localidad con mayor rendimiento fue Caisán (1698 kg/ha) seguida por las localidades de Salitral y Cerro Mesa con rendimientos de 1527 y 1394 kg/ha, respectivamente.

El análisis de varianza Tipo IV para el rendimiento de grano fue realizado para la interpretación de la interacción genotipo ambiente a través del modelo Biplot GGE-SReg. Este análisis mostró que los dos primeros ejes de los componentes principales explicaron el 70.4% de toda la interacción.

CUADRO 1. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA POR LOCALIDAD PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO EN SIETE LOCALIDADES. 2009.

F de V	gl	Cerro Tula	Caisán	La Montañuela	Cerro Mesa	Salitral	El Alto	La Zumbona
Repetición (Rep)	1	0.000	0.000	0.008	0.022	0.009	0.000	0.004
Rep x bloque	7	0.054	0.060	0.061	0.008	0.013	0.003	0.189
Tratamiento	63	0.040	0.000	0.006	0.143	0.205	0.159	0.029
Error	56	0.102	0.347	0.087	0.103	0.182	0.255	0.195
Repetitividad		0.44	0.00	0.11	0.73	0.69	0.56	0.23

CUADRO 2. VARIANZA DEL RENDIMIENTO Y PLANTAS COSECHADAS DE GRANO EN EL ANÁLISIS COMBINADO DE LAS CINCO LOCALIDADES. 2009 – 2010.

F de V	gl	Rendimiento	Plantas cosechadas
δ^2 localidad (loc)	4	0.152	4.983
δ^2 tratamiento (trat)	63	0.044	0.193
δ^2 loc x trat	252	0.039	0.719
δ^2 res	320	0.181	8.084
Repetitividad		0.70	0.17

El primer eje (PCA1) explicó el 46.7%, mientras que el segundo explicó el 23.7%, con el 21.6 y 21.6% de los grados de libertad, respectivamente (Figura 1).

De acuerdo al análisis Biplot GGE-SReg se formaron dos grupos ambientales, el primero formado por las localidades de Cerro Tula, El Alto, Salitral y Cerro Mesa. La localidad de La Zumbona se comportó distinta a las localidades de este primer grupo.

El grupo de líneas más estables y con mayor rendimiento fueron la NUA 93, AFR 612, NUA 11, NUA 87, NUA 82 y NUA 45. A este grupo le siguieron el grupo

conformado por las líneas NUA 43, IDIAP C1, NUA 100, CAL 143 y NUA 86.

La línea con más alto rendimiento fue la NUA 43 seguido por NUA 97. Esta última presentó un alto rendimiento en La Zumbona y Cerro Mesa pero no así en Cerro Tula.

De las mejores líneas por su contenido de hierro y zinc, solamente 11 resultaron las más rendidoras. Esta es la principal característica que se tomó en consideración para seleccionar las líneas que fueron escogidas para la siguiente fase de evaluación (Cuadro 3).

Segundo año

El análisis de varianza combinado de los experimentos del año 2010 (Cuadro 4) presenta diferencias altamente

significativas para Localidades, Genotipos y la Interacción Genotipo Ambiente para el rendimiento de grano de las 20 líneas evaluadas.

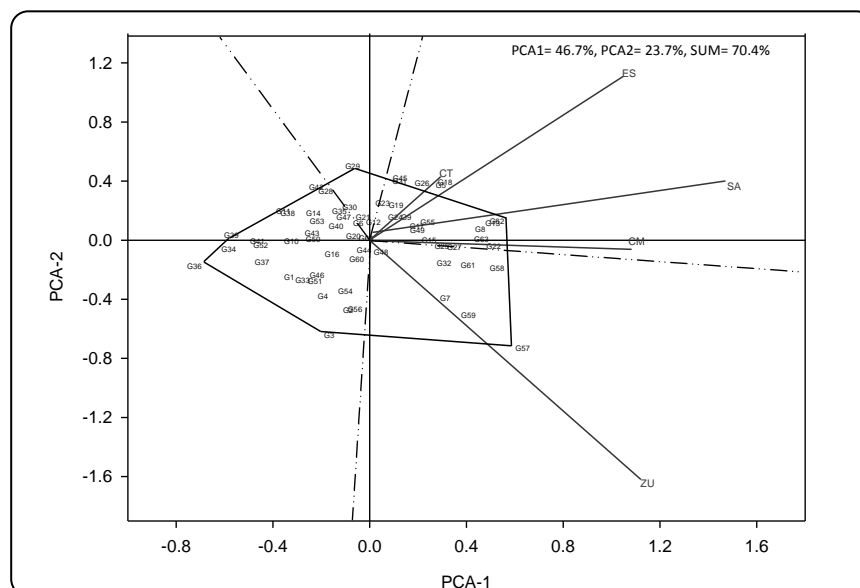


Figura 1. Análisis Biplot GGE-SReg para las cinco localidades. 2009-2010.

CUADRO 3. CONTENIDO DE HIERRO Y ZINC DE LAS LÍNEAS NUA. 2009-2010.

Nombre	Rendimiento (kg/ha)	Hierro (mg/kg)	Zinc (mg/kg)
NUA 24	0.638	93.073	29.222
NUA 27	0.853	87.323	32.717
NUA 59	1.425	85.027	28.602
NUA 46	0.775	83.087	33.182
NUA 35	0.710	77.903	29.380
NUA 89	1.231	75.867	25.297
NUA 80	0.835	74.847	29.313
NUA 56	0.898	74.737	25.110
NUA 62	0.971	74.713	33.043
NUA 95	1.218	74.527	26.895
NUA 79	0.865	73.580	28.193
NUA 83	1.141	73.307	27.962
NUA 78	0.566	73.093	30.013
NUA 31	0.579	72.740	28.147
NUA 98	1.169	71.270	27.290
NUA 47	1.037	70.683	28.523
NUA 92	1.458	70.547	25.665
NUA 69	1.225	70.317	33.043
NUA 63	1.276	69.987	27.098
IDIAP C1	1.728	65.783	26.982

CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS LÍNEAS SELECCIONADAS Y LA INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE. 2010-2011.

F de V	gl	SC	CM	Probabilidad
Localidades	3	15.027	5.009	0.003
Repetición(Loc)	8	1.841	0.230	
Tratamiento (Trat)	19	7.896	0.416	0.0001
Loc*Trat	57	6.046	0.106	0.0001
Error	152	4.475	0.029	

CV = 10.24%

La separación de medias mostró que los mejores rendimientos se obtuvieron en la localidad de Cerro Tula con rendimientos de 1966 kg/ha, seguido de Cerro Mesa con 1872 kg/ha, El Tute con 1493 kg/ha y San Francisco con 1369 kg/ha. Todas las localidades fueron diferentes entre sí.

El análisis de estabilidad utilizando el Análisis de Varianza Tipo IV indicó que los dos primeros ejes de los componentes principales explican el 93.4% de la interacción Genotipo-Ambiente con el 53.6% de los grados de libertad de la interacción.

El análisis Biplot GGE-SReg de los dos primeros ejes indicó que las líneas más estables fueron IDIAP-C1, NUA 11 y NUA 45 (Figura 2). Este análisis separó los ambientes en dos Grupos: el primero conformado por las localidades de San Francisco, Cerro Tula y Cerro Mesa y el segundo fue

conformado por la localidad de El Tute. En esta última localidad sobresalieron las líneas NUA 43 y NUA 24.

La línea con altos rendimientos fue IDIAP C1, variedad mejorada por el IDIAP, utilizándose otros criterios para su selección como susceptibilidad a la mustia hilachosa, color y tamaño del grano y su rendimiento. Esta variedad no es diferente estadísticamente de las siguientes 12 líneas evaluadas que tienen rendimientos entre 2066 y 1792 kg/ha al 14% de humedad, indicando que cualquiera de esos materiales pueden ser seleccionados por su calidad nutritiva y color de grano.

El análisis del contenido de hierro y zinc reveló que las líneas con mayor contenido de hierro no son las más altas en zinc (Cuadro 5). Es importante indicar que el máximo contenido de hierro alcanzado en líneas experimentales es de 100 ppm y el de zinc está en el orden

de las 50 ppm. Estas líneas tampoco son las más rendidoras. Una alternativa sería utilizar poblaciones lo suficientemente grandes para romper la asociación entre los caracteres o determinar el tipo de herencia que tiene el carácter o bien esperar hasta generaciones avanzadas para hacer la selección de las líneas por sus características agronómicas cuando el carácter estudiado este fijado en las líneas de frijol (Beebe 1997).

Las líneas con más alto contenido de hierro son: NUA 24, NUA 27, NUA 59 y NUA 46 con 93.87.3. 85.1 y 83.1 ppm, respectivamente, mientras que el testigo comercial mostró 65.7 ppm de hierro. Por otro lado, el zinc fue más alto en las líneas NUA 43, NUA 24 y NUA 46, con 38.4, 35.7 y 35.0 ppm, respectivamente. El testigo comercial mostró 26.9 ppm de zinc.

Las líneas con mejor tipo de grano y altos rendimientos fueron NUA 97 y NUA 11, con 1916 y 1866 kg/ha, al 14% de humedad.

Con la ayuda de los productores y productoras de las localidades en la comarca Ngäbe Buglé se seleccionaron

las mejores líneas por su contenido de hierro, color de grano y rendimiento. Las líneas seleccionadas pasarán por una tercera evaluación conocida como validación de tecnología en la que las asociaciones de productores escogerán las dos mejores líneas, de acuerdo a sus características, en una parcela de mayor tamaño donde les será más fácil seleccionar las líneas que se convertirán en variedades.

El IDIAP tendrá la responsabilidad de multiplicar la semilla para entregar a los productores y productoras de las zonas en estudio.

Las líneas seleccionadas para la etapa de validación aparecen resaltadas en el Cuadro 5 en el que las líneas NUA 97 y NUA 11 fueron escogidas por tener buenos rendimientos, buen color y tamaño de grano, según la preferencia de los productores, comerciantes y consumidores y las líneas NUA 24, NUA 27, NUA 56 y NUA 59, por su alto contenido de hierro, buen color, tamaño de grano y buenos rendimientos.

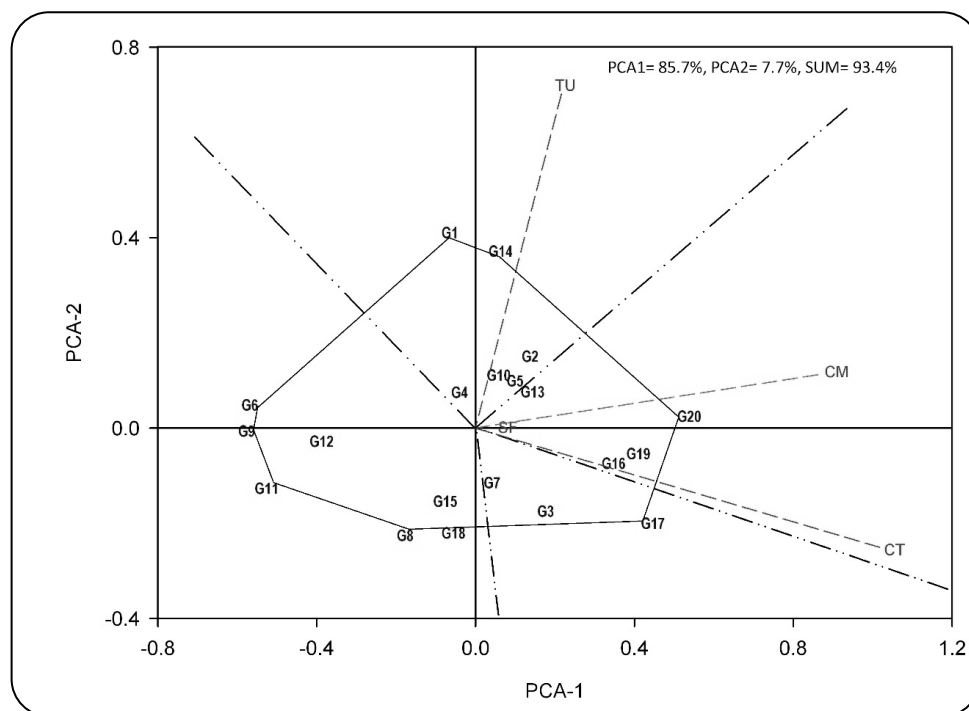


Figura 2. Análisis Biplot GGE-SReg para las localidades y líneas de frijol biofortificado. Panamá, 2010-11.

CUADRO 5. RENDIMIENTO EN kg/ha AL 14% DE HUMEDAD y CONTENIDO DE Fe Y Zn DE LAS LÍNEAS EN EVALUACIÓN. 2010-11.

Línea	Rendimiento (kg/ha)	Contenido de Hierro (ppm)	Contenido de Zinc (ppm)
IDIAP C1	2005	65.7	31.2
NUA 97	1916	65.4	30.0
NUA 45	1896	54.9	23.3
NUA 11	1866	52.7	25.5
NUA 27	1775	87.3	31.1
NUA 43	1755	50.9	38.4
NUA 59	1750	78.7	33.0
NUA 35	1743	77.9	32.7
NUA 100	1743	62.9	27.4
NUA 69	1719	68.1	34.5
NUA 24	1710	93.1	35.7
NUA 79	1676	73.5	32.8
NUA 46	1655	78.2	35.0
NUA 93	1610	59.0	29.8
AFR 612	1604	58.6	32.6
NUA 78	1523	71.3	33.8
NUA 62	1466	66.9	28.2
NUA 56	1373	82.3	32.3
NUA 47	1367	74.1	34.7
NUA 31	1346	72.7	30.5

CONCLUSIONES

- El análisis estadístico utilizado permitió explicar la variación existente entre los genotipos y determinar las localidades que no se ajustaron a este análisis.
- Se explicó un mínimo del 80% de la variación entre las líneas y el restante fue atribuido al error experimental.
- Existen dos grandes ambientes para esta evaluación, el primero formado por la Comarca Ngäbe Buglé y Río Sereno y el segundo formado por las localidades de Santa Fe, San Francisco en la provincia de Veraguas y Las Minas y Los Pozos en la provincia de Herrera.
- Se seleccionaron dos líneas por sus altos rendimientos, NUA 45 y NUA 11 y dos líneas por su alto contenido de hierro y zinc, NUA 24 y NUA 27.

BIBLIOGRAFÍA

- Beebe, S. 1997. Mejoramiento de la calidad culinaria y nutricional del frijol (*Phaseolus vulgaris* L); posibilidades y perspectivas. Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI. Centro internacional de Agricultura Tropical - CIAT. p. 249-256.
- De Onis, M; Frongillo, A; Blosner, M. 2000. Is malnutrition declining? An analysis of changes in levels of child malnutrition since 1980. Bulletin of the World Health Organization. 78:1222-1223.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2001a. Perfiles nutricionales por países. Colombia. 39 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2001b. Perfiles nutricionales por países. Bolivia. 38 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2000. Perfiles nutricionales por países. Venezuela. 43 p.
- Graham, R; Beebe, S; Iglesias, C; Monasterio, I. 1999. Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. Special volume. RM. Welch and RD. Graham. eds. Field Crops Research. 60: 57-80.

- Graham, R; Humphries, J; Kitchen, J. 2000. Nutritionally enhanced cereals: A sustainable foundation for a balanced diet. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.* 9 (Suppl). S91-S96.
- Kelly, A. 1992. Medium and long - range forecast prevalence and numbers of malnourished children. *Global regional estimates.* World Health Organization, 78:1222-1233.
- Rodríguez, E. 2008. Biofortificación del frijol común con micronutrientes en Panamá. Proyecto de Investigación. Panamá. 53 p.
- Welch, R; House, W; Beebe, S; Cheng, Z. 2000. Genetic Selection for Enhanced Bioavailable Levels of Iron in Beans (*Phaseolus vulgaris* L). *Seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(8): 3576-3580.
- Yan, W; Hunt, LA; Sheng, Q; Szlavnic, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci.* 40:597-605.
- Zobel RW; Wright, MJ; Gauch Jr, HG. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80:388-393.