Identificación de líneas promisorias en trigos biofortificados en la Estación Experimental de San Benito

Carla Escobar, Félix Marza, Roberto Butrón y Félix Quispe
Programa Nacional de Trigo, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF),
Av. Blanco Galindo km 5.5, Casilla 832, Cochabamba, Bolivia.
carly.paolita@gmail.com

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo identificar líneas promisorias de trigo biofortificado. El material genético objeto de estudio fue 100 líneas avanzadas de trigo correspondientes al vivero 6 HPAN (*Harvest Plus Advance Nursery*), evaluados en la estación Experimental de San Benito del departamento de Cochabamba. La metodología de siembra de surco por entrada. Se evaluaron las variables: altura de planta (AP), número de plantas por metro (NPM), longitud de espiga (LE), densidad de espiga (DES), número de granos por espiga (NGE), tamaño de grano (TGR), tipo de grano (TG), peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) y rendimiento en grano (RDTO). La evaluación se realizó mediante los análisis descriptivo y multivariado. Se encontraron coeficientes de correlación positivos altamente significantes ($p<0,01$) para las variables longitud de espiga con número de granos por espiga (0,69), altura de planta con rendimiento (0,62), longitud de espiga con rendimiento (0,61), altura de planta con longitud de espiga (0,55) y altura de planta con granos por espiga (0,54). Los genotipos identificados por su alta productividad fueron las líneas L1, L98, L100 y L93 con rendimientos de 2.830, 2.270, 2.220 y 1.820 kg*ha^{-1} respectivamente.

Palabras clave: Trigo, biofortificado, productividad, rendimiento.

Abstract

This research objective was to identify promising lines of biofortified wheat. The genetic material under study was 100 advanced lines of wheat for the nursery 6-HPAN (Harvest Plus Advance Nursery), evaluated at the Experimental Station San Benito of Cochabamba. The methodology applied was rows by entry. The variables evaluated were: Plant height (AP), number of plants per meter (NPM), spike length (LE) pin density (DES), number of grains per ear (NGE), grain size (TGR), type of grain (TG), weight of thousand kernels (PMG), test weight (PH) and grain yield (yield). The evaluation was performed using descriptive and multivariate analysis. Coefficients highly significant positive correlation ($p <0.01$) for the variables spike length number of grains per spike (0.69) yield plant height (0.62), spike length were found to yield (0.61), plant height with spike length (0.55) and plant height with grain per spike (0.54). The genotypes identified by their high productivity were the L1, L98, L100 and L93 lines with yields of 2.830, 2.270, 2.220 and 1.820 kg*ha^{-1} respectively.

Introducción

El trigo es uno de los cereales que más se cultiva en el mundo entero, es considerado como uno de los tres principales alimentos de primera necesidad por su alto consumo y por ser base fundamental de nuestra dieta alimentaria. El problema mundial y en particular de nuestro país es la desnutrición que continua siendo un problema latente, especialmente a la población de los niños y mujeres en edad fértil que no pueden defenderse por sí solos.

En Bolivia, la carencia de micronutrientes va produciendo desordenes silenciosos así como la anemia de alta prevalencia en nuestro país afectando a los menores de 5 años (59.8 %) y a mujeres en edad fértil (33 %) los cuales generalmente pertenecen a un estrato poblacional de escasos recursos (INE, 2003). A ello se adhiere el poco acceso de alimentos básicos que son afectados por los factores bióticos y abióticos además de la

poca disponibilidad de los mismos poniendo en descubierto la inseguridad alimentaria

Una de las estrategias para combatir a la deficiencia de micronutrientes es a través del fitomejoramiento convencional mejorando la calidad de las plantas efectuando la biofortificación (Allen, 2003). En este contexto el Programa Nacional del Trigo (PN-TRIGO) del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), introdujo 100 líneas avanzadas de trigo correspondiente al vivero 6HPAN del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMyT) con el objetivo de identificar líneas promisorias de trigos biofortificados para componentes de rendimiento.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en la campaña agrícola 2014-2015 en la Estación Experimental de San Benito del departamento de Cochabamba, Ubicadas geográficamente entre las coordenadas: 17º 37' 35" Latitud Sur y 65º 54› 14» Longitud Oeste, a una altitud de 2.710 m.s.n.m. Las características climáticas muestran que es una zona templada y fluctuaciones sustanciales en temperatura con frentes fríos del suroeste durante la época de otoño. La temperatura media es 16,4 °C y una precipitación promedio anual de 480 mm.

El material genético objeto de estudio consistió de 100 líneas de trigos biofortificados correspondientes al vivero 6 HPAN (Harvest Plus Advance Nursery) introducido por el Programa Nacional de Trigo, provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento en Maíz y Trigo (CIMMyT). La parcela se estableció surco por entrada de 4 m de largo con 0,25 m de ancho con una densidad de siembra de 100 kg*ha^{-1} y una fertilización de 50 Kg*ha^{-1} con fosfato de amonio y 50 kg*ha^{-1} de urea.

Las características registradas fueron: altura de planta (AP), número de plantas por metro (NPM), longitud de espiga (LE), densidad de espiga (DES), número de granos por espiga (NGE), tamaño de grano (TGR), tipo de grano (TG), peso de mil grano (PMG), peso hectolitrico (PH) y rendimiento en grano (RDTO.

Los resultados fueron tabulados en hoja de cálculos Excel para luego estandarizarlos y conocer las medidas descriptivas en cuanto a medidas de distribución (sesgo y curtósis), tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar, varianza, rango mínimo y máximo) se refiere. Se realizó un análisis multivariado.

Resultados y discusión

Análisis descriptivo: El comportamiento de las características cuantitativas se registró dentro del margen normal en cuanto a las medidas de distribución, tendencia central con cierta variabilidad en algunas características de dispersión, por lo que los criterios para su análisis son satisfechos para un análisis inferencial.

El análisis descriptivo (Tabla 1) nos muestra una variabilidad en el comportamiento de los genotipos en estudio para el rendimiento (RDTO) y número de espigas por metro cuadrado (NEM). El rendimiento promedio fue de 907,8 Kg*ha^{-1} con un rango de variación que se encuentra entre 300 y 2.830 Kg*ha^{-1}; donde las líneas de trigo L29 y L1 muestran un rendimiento muy bajo y el más alto respectivamente, con una desviación estándar fue de 456,0.

Tabla 1. Estadística descriptiva de variables agronómicas en el Estudio de Identificación de Líneas Promisorias de Trigos Biofortificados del vivero 6HPAN, evaluados en la Estación Experimental de San Benito del departamento de Cochabamba correspondiente a la campaña agrícola 2014-2015.

Variables	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Stand.	Varianza	Sesgo	Curtosis
AP	33	38	71	53,0	7,4	54,8	0,4	-0,4
NEM	496	128	624	297,8	112,1	12566,4	0,6	-0,2
NGE	18	24	42	32,9	4,2	17,7	0,1	-0,2
PMG	21	22	43	29,2	3,6	13,1	0,8	1,3
PH	17,4	60	77	71,5	3,0	9,0	-1,2	3,0
LE	4	6	10	7,2	1,0	0,9	0,2	-0,4
RDTO	2530	300	2830	907,8	456,0	207972,9	1,5	3,0

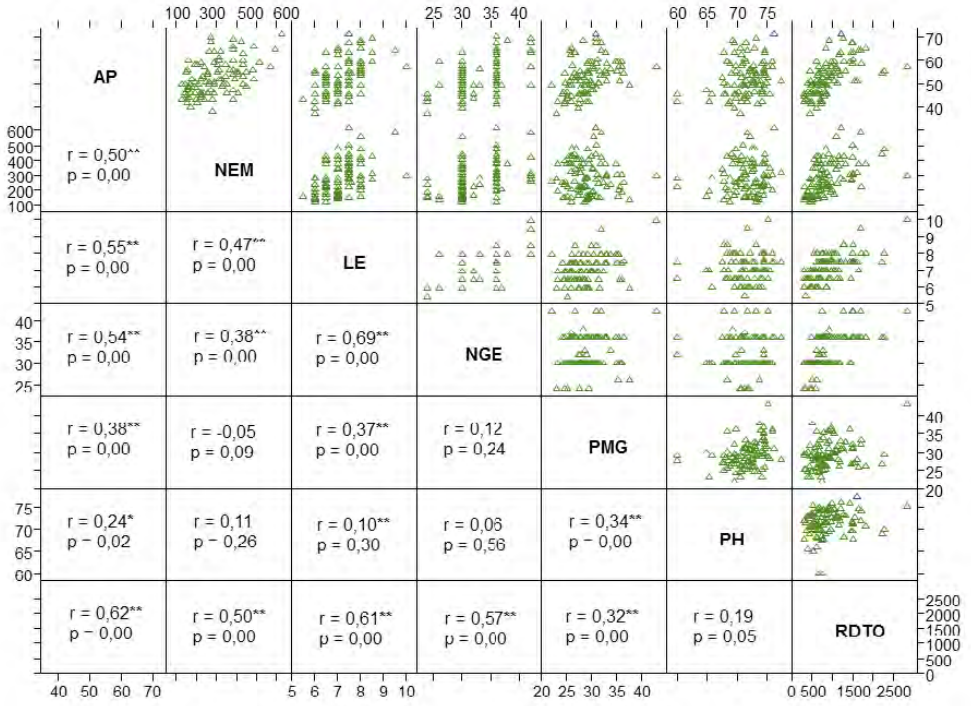
AP: altura de planta (cm); NEM: número de espigas por metro (unidades); LE: longitud de espiga (cm); NGE: número de granos por espiga (unidades); PMG: peso de mil granos (g); PH: peso hectolítrico (Kg*hl^{-1}) y RDTO: rendimiento en grano (Kg*ha^{-1}).

El número de espigas por metro cuadrado muestra una media de 297 espigas advirtiendo una amplia variabilidad donde las líneas de trigo L20 y L70 mostraron entre 128 y 624 espigas/m^2 respectivamente, con una desviación estándar de 112.

La altura media de planta fue de 53 cm, con un rango de variación de 38 cm la línea L31 y de 71 cm de altura la líneas de trigo L70, con una desviación estándar de 7,4. Arispe (2007), señala que la variabilidad que se presenta en cuanto al comportamiento de cada genotipo depende a la variedad al cual pertenece, a la época de siembra además del tipo de fertilidad del suelo y las condiciones ambientales en el cual se desarrolla las plantas.

Análisis de correlación múltiple (r)

El análisis de correlación múltiple (Figura 1) de variables cuantitativas muestra los grados de relación que existe entre las diferentes características. Las variables longitud de espiga (LE) con número de granos por espiga (NGE) (r = 0,69), nos muestran una correlación positiva altamente significativo (1 %), lo cual nos indica que a mayor longitud de espiga mayor será el número de granos. Por otro lado se tiene al rendimiento (RDTO) que muestra correlación positiva con altura de planta (AP), longitud de espiga (LE), número de granos por espiga (NGE), número de espigas por metro (NEM) y peso de mil granos (PMG) (0,62), (0,61), (0,57), (0,50) y (0,32) respectivamente. Estos resultados obtenidos confirman trabajos previos realizados con líneas de trigo en el altiplano norte de Bolivia por Quispe (2011), el cual señala que el número de espiga por metro cuadrado (NEM) con longitud de espiga (LE), peso de mil granos (PMG) con peso hectolítrico (PH) y que el rendimiento (RDTO) se encuentran fuertemente correlacionados con peso de mil grano (PMG) y el peso hectolítrico (PH).



AP: Altura de planta; NEM: número de espigas por metro cuadrado; LE: longitud de espiga; NGE: número de granos por espiga; PMG: peso de mil granos; PH: peso hectolítrico y RDTO: rendimiento.

Figura 1. Correlación de variables cuantitativas en el estudio de Identificación de Líneas Promisorias en Trigos Biofortificados del vivero 6HPAN evaluadas en la Estación Experimental de San Benito del departamento de Cochabamba correspondiente a la campaña agrícola 2014-2015.

Análisis de componentes principales (ACP)

Este análisis permitió la transformación lineal de un conjunto de variables independientes expresando los resultados en valores y vectores propios (Rojas, 2003). El primer componente contribuyo con el 39 % de la varianza. El segundo componente principal aporto con el 15 %, ambos sumando el 54 % de la varianza total explicada. En el Biplot de la figura 2 se puede observar una primera asociación altamente correlacionada entre las variables: rendimiento (RDTO), altura de planta (AP) y longitud de espiga (LE) formando ángulos menores a 90° los cuales también se encuentran alejadas al origen por lo que se encuentran mejor representadas en este componente indicando claramente que cuando una de las variables aumenta las otras variables correlacionadas entre ellas también aumenta. En esta asociación podemos destacar las líneas L70, L89 y L73, las mismas están influenciadas directamente por los diferentes componentes del rendimiento (Fraschina y Formica, 2003).

Otro correlación importante es aquella que formaron las variables de calidad física donde encontramos a peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) y tamaño de grano (TG), destacándose las líneas: L2, L79, L90, L3 y L41 respectivamente. Finalmente podemos señalar que las variables números de granos por espiga (NGE), número de espigas por metro cuadrado (NEM) y densidad de la espiga (DES) se encuentran correlacionadas. Crossa (2002), nos confirma que el análisis Biplot es una herramienta que se utiliza para identificar los genotipos ideales en cuanto a rendimiento se refiere. Yan *et al.* (2001) menciona que la correlación entre los coeficientes del CP1 y los promedios de los genotipos, es baja cuando hay una fuerte y compleja interacción GE.

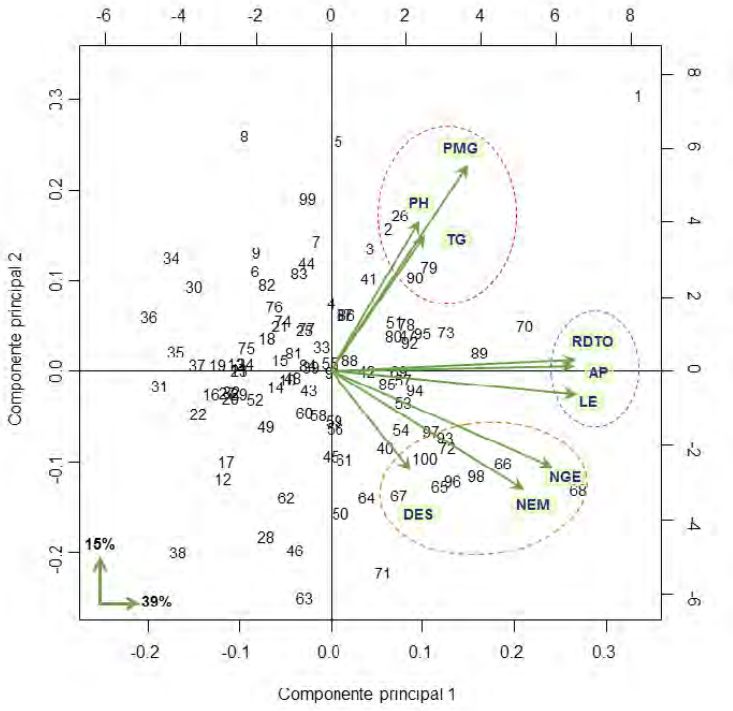


Figura 2. Biplot, en el estudio de Identificación de Líneas Promisorias en Trigos Biofortificados del vivero 6HPAN evaluadas la campaña agrícola 2014-2015. Las variables son: altura de planta (AP), número de espigas por metro cuadrado (NEM), longitud de espiga (LE), número de granos por espiga (MGE), peso de 1000 granos (PMG), peso hectolítrico (PH), rendimiento (RDTO), densidad de espiga (DES) y tamaño de grano (TG).

Ranking de rendimiento

Se ha estructurado la posición de cada linea de trigo con respecto al rendimiento, observando la variabilidad existente mostrando el potencial genético de cada uno de los mismos en respuesta al contexto en la cual se ha establecido el ensayo.

El ranking de rendimiento estandarizado (Figura 3) muestra que 70 líneas presentan rendimientos menores a 1,0 t*ha^{-1} y 30 líneas mayor a este valor, donde las líneas. L1, L98, L100, L93, L79, L68, L94, L51, L54, L92, L96, L66, L72, L95, L91, L80 y L78 presentan rendimientos de 1,3 a 2,8 t*ha^{-1} respectivamente, los cuales superan el promedio nacional de 0,9 a 1,2 t*ha^{-1} (INIAF, 2012).

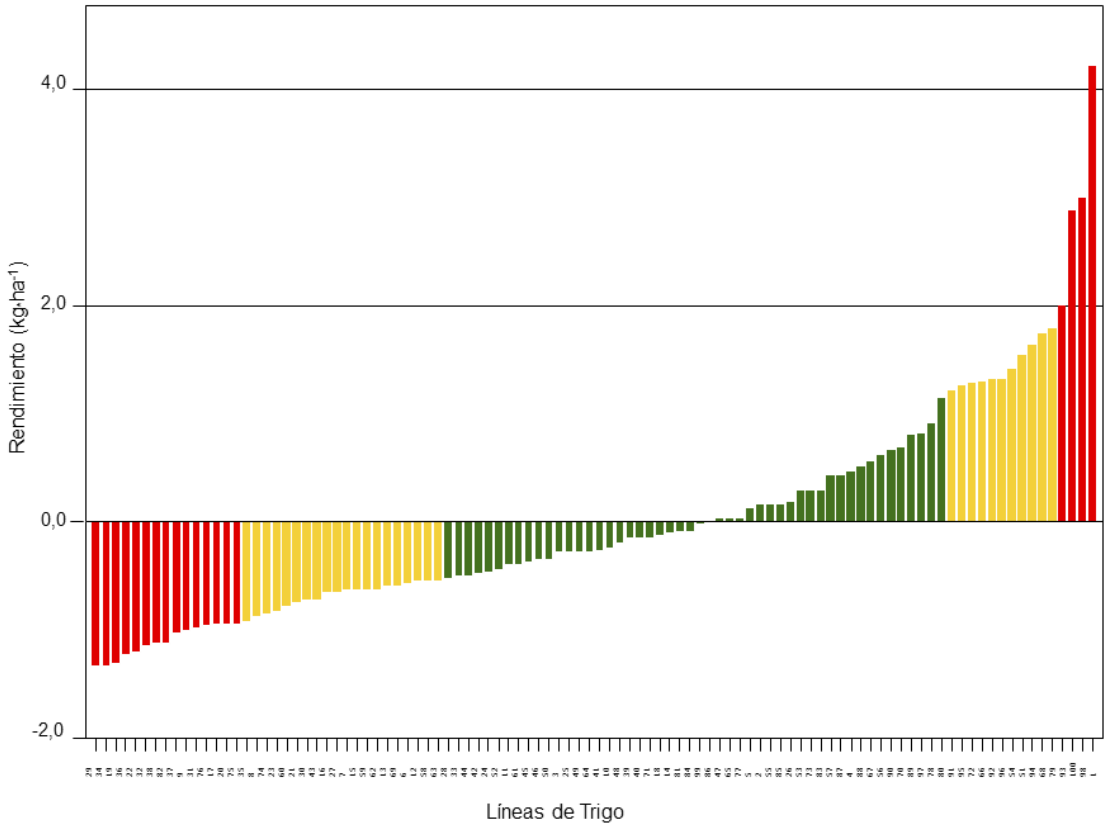


Figura 3. Ranking de rendimiento estandarizado en el estudio de Identificación de Líneas Promisorias en Trigos Biofortificados del vivero 6HPAN evaluadas la campaña agrícola 2014-2015.

Conclusión

Se ha identificado la correlación positiva altamente significativo (1 %) de las variables longitud de espiga (LE) con número de granos por espiga (NGE) (r = 0,69), lo cual indica que a mayor longitud de espiga mayor será el número de granos. Por otro lado el rendimiento (RDTO) muestra una correlación positiva con las variables: altura de planta (AP), longitud de espiga (LE), número de granos por espiga (NGE), número de espigas por metro (NEM) y peso de mil granos (PMG) (0,62), (0,61), (0,57), (0,50) y (0,32) respectivamente.

Según el análisis de componentes se ha deducido la primera asociación altamente correlacionada entre las variables: rendimiento (RDTO), altura de planta (AP) y longitud de espiga (LE), en esta relación podemos destacar las líneas L70, L89 y L73, las mismas están influenciadas directamente por los diferentes componentes del rendimiento. Las variables: peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) y tamaño de grano (TG), también se encuentran correlacionadas destacándose las líneas: L2, L79, L90, L3 y L41 respectivamente. Podemos señalar que las variables números de granos por espiga (NGE), número de espigas por metro cuadrado (NEM) y densidad de la espiga (DES) se encuentran correlacionadas, todas formando ángulos menores a 90° los cuales también se encuentran alejadas al origen por lo que se encuentran mejor representadas en este componente.

Finalmente, según el ranking de rendimiento se pudo seleccionar genotipos de trigo biofortificados a las líneas: L1, L98, L93, L79, L68, L94, L51, L54, L92 y L96 con rendimientos de 2.800, 2.270, 1.820, 1.720, 1.700, 1.650, 1.610, 1.550, 1.510, 1.510 kg*ha^{-1} respectivamente.

Referencias citadas

- Allen LH. 2003. Interventions for micronutrient deficiency control in developing countries: past, present and future. 133(11S-II): 3875.
- Arispe, R. 2007. Determinación del potencial de rendimiento de líneas y variedades de trigo (Triticum spp.) bajo condiciones de la estación experimental Agrícola Saavedra (EEAS) – invierno 2005. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba-Bolivia. 81p.
- Crossa, J., Cornelius, P.L. y Yan, W. 2002. Biplots of linear-bilinear models for studying crossover genotype x environment interaction. Crop Science 42, 619633.
- FAO. 2010. Consultado 13 de noviembre de 2015. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s17.htm.
- Fischer, R. A. 2001. Selection traits for improving yield potential. Application of physiology in wheat breeding. México, D.F., CIMMYT. Pp. 89-92,95.
- Fraschina, J. y Formica, M. B. 2003. Fisiología del cultivo de trigo. Caracterización del crecimiento del grano de trigo. Instituto nacional de tecnología agropecuaria “Marco Juárez”, (INTA). Córdoba-Argentina. Pp. 40-42.
- Harvest Plus, 2004. Consultado 13 de noviembre de 2015. Disponible en: http:://www.harvestplus.org.
- Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, (INIAF). 2012. Plan de implementación y Avances en el Programa Nacional de Trigo. La Paz, Bolivia. 40 p.
- Instituto Nacional de Estadística, (INE). 2004. Encuesta Nacional de Demografía y Salud 2003. p25-439.
- Latham M.C. 1997. Human nutrition in the developing world. Food and Nutrition Series N°29. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); 1997. Consultado 16 de noviembre de 2015. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/W0073E/w0073E00.
- Monserrate, F., Pachón, H., Hyman, G. & Vesga, A. 2009. Metodología para seleccionar zonas de intervención con cultivos biofortificados. Rev. Panam Salud Pública. 26 (5):419–28.
- Rojas W. 2003. Análisis de la variabilidad genética en quinua. En: Franco TL, Hidalgo R (eds.). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico Nº 8, IPGRI, Cali, Colombia. pp. 27-39.
- Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q. y Szlavnics, Z. 2001. Interpretation of genotype x environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Science 41, 19-25.