

Estimación de la variabilidad fenotípica de trigo harinero para componentes de productividad

Nancy Huanca, Roberto Butrón, Félix Marza y Félix Quispe

nancyhuanca@hotmail.com

Programa Nacional de Trigo, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF),
Av. Blanco Galindo km 5.5, Casilla 832, Cochabamba, Bolivia.

Resumen

Con el objetivo de determinar la variabilidad fenotípica de 208 líneas avanzadas de trigo harinero introducido del CIMMYT por el PN-Trigo del INIAF correspondiente al vivero 32 SAWSN, se estableció el ensayo en la Estación Experimental de San Benito bajo la metodología de surco por entrada, con densidad de siembra de $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Se registraron 10 variables cuantitativas y cualitativas (altura de la planta, longitud de espiga, densidad de la espiga, tipo de grano, tamaño del grano, número de granos por espiga, número de espigas por metro cuadrado, peso de mil granos, peso hectolítrico y rendimiento en grano). Para análisis de datos se utilizó estadística descriptiva, correlación simple, componentes principales y conglomerados a través de la técnica de agrupación jerárquica. Se encontraron correlaciones altas entre el rendimiento con la longitud de espiga, número de granos por espiga, altura de la planta y peso de mil granos. Los genotipos L53, L102, L112, L131, L129, L51, L143 y L203 destacan para característica de productividad. Los genotipos que sobresalen para características de grano y calidad fueron las líneas L205, L98, L108, L84, L106, L204 y L1. Las asociaciones de componentes principales confirmaron las variables identificadas por la matriz de correlación. Considerando la significancia de cada uno de los grupos de variables es posible obtener información de utilidad para el programa de mejoramiento del cultivo del trigo.

Palabras clave: Trigo, variabilidad y semiárido.

Abstract

In order to determine the phenotypic variability of 208 advanced lines of bread wheat a study was established based on the 32 SAWSN nursery introduced from CIMMYT by the National Wheat Program of INIAF. The essay was sat on in San Benito Experimental Station under row by entry methodology at seeding rate of $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ten quantitative and qualitative variables (plant height, spike length, density of the spike, grain type, grain size, number of grains per spike, number of spikes per square meter, thousand kernel weight, test weight and grain yield were registered). For the data analysis, descriptive statistics, simple correlation, principal component and conglomerates through hierarchical clustering technique was used. High correlations were identified between yield and spike length, number of grains per spike, plant height and thousand kernel weight. The lines identified as: L53, L102, L112, L131, L129, L51, L143 and L203 were identified as most promising ones. Protruding genotypes for grain characteristics and quality were the lines: L205, L98, L108, L84, L106, L204 and L1. Associated variables were confirmed as the major components identified by the correlation matrix. Considering the significance of each variable and line is possible to obtain great advantages to reinforce the variability for the INIAF wheat breeding program.

Introducción

El cultivo de trigo en Bolivia se extiende desde zonas altas de 2900 msnm promedio hasta zonas bajas de 200 msnm promedio. Su importancia radica por ser fuente principal de carbohidratos en la dieta alimentaria (INIAF, 2012). Su producción solo abastece el 30% de la demanda y los rendimientos están entre 0.9 a

$1.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ por debajo de los países de la región. Entre las estrategias para mejorar los índices productivos tiene que ver con el fortalecimiento de la base genética que constituye un componente fundamental. En ella se encuentran los genes que le confieren a los cultivares las características de productividad, tolerancia a

factores bióticos y abióticos adversos y otros identificados en los propósitos del programa de mejoramiento (Medina *et al.*; 2002). La determinación de los atributos potenciales de cada individuo es crucial para estructurar la pirámide poblacional del programa, por lo que la caracterización de las introducciones es una primera etapa muy importante (Golabadi *et al.*, 2005). Esta permite estimar la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman (Franco e Hidalgo, 2003). Es primordial identificar cuál es el nivel de variabilidad que se intenta medir o describir con el fin de elegir las herramientas o métodos estadísticos adecuados para analizar los datos resultantes de un estudio de caracterización (Joshi *et al.*, 2004). El objetivo fue determinar la variabilidad fenotípica de 208 líneas avanzadas de trigo harinero introducido del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) por el PN-Trigo del INIAF correspondiente al vivero 32 SAWSN (Vivero internacional de selección de trigo harinero para zonas semiáridas) en la localidad de San Benito durante la campaña agrícola 2014-2015.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó durante la campaña agrícola 2014-2015 en la Estación Experimental de San Benito. Se utilizaron 208 líneas de trigo harinero de del vivero 32SAWSN (Vivero internacional de selección para zonas semiáridas) del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). El material genético fue establecido bajo una

metodología de surcos por entrada, con surcos de 4 metros, bajo una densidad de siembra de 100 kg*ha⁻¹. Se registraron 10 variables cuantitativas y cualitativas (altura de la planta, longitud de espiga, densidad de la espiga, tipo de grano, tamaño del grano, número de granos por espiga, número de espigas por metro cuadrado, peso de mil granos, peso hectolítrico y rendimiento en grano). Para el análisis de datos se utilizó estadística descriptiva, correlación simple, componentes principales y conglomerados a través de la técnica de agrupación jerárquica.

Resultados y discusión

Los estadísticos descriptivos (tabla 1) reflejan que la altura de planta de las líneas obtuvo una media de 54.86 cm que oscilan entre 38 cm hasta 71 cm con una variación de ± 6.92 cm. La longitud de espiga máxima fue de 9.5 y la mínima 3.8 cm con una media de 7.15 con densidades que van desde moderadamente compactas a muy compactas. El número de espigas por metro cuadrado alcanzó una media de 242 espigas por metro, habiendo genotipos con 104 hasta 480 y una variación de ± 75.24 espigas. El número de granos por espiga presenta una media de 33 granos por espiga con una fluctuación de ± 4.97 granos por espiga. Los estimados para peso hectolítrico, peso de mil granos fueron de 69.75 kg*hl⁻¹, 29.84 g respectivamente. Finalmente el rendimiento promedio fue de 1042 kg*ha⁻¹ con una máxima de 2590 kg*ha⁻¹ y una mínima de 230 kg*ha⁻¹.

Tabla 1. Estadística descriptiva de 10 variables de respuesta (AP: Altura de planta; LE: Longitud de espiga; DES: Densidad de espiga; TGR: Tipo de grano; TG: Tamaño de grano NEM: Número de espigas por metro cuadrado; NGE: Número de granos por espiga; PMG: Peso de mil granos; RDTO: Rendimiento en grano y PH: Peso hectolítrico) de 207 líneas avanzadas del trigo harinero del vivero 32 SAWSN introducidas CIMMYT, evaluado en la localidad de San Benito, durante la campaña agrícola de 2014-2015.

Variables	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar	Varianza	Curtosis
AP (cm)	33	38	71	54,86	6,92	47,91	-0,38
LE (cm)	4,5	5	9,5	7,15	0,78	0,61	-0,12
DES (1-5) ^a	1	3	4	3,19	0,4	0,16	0,45
TGR(1-5) ^b	4	1	5	2,86	0,77	0,59	-0,78
TG(1-5) ^c	2	3	5	3,09	0,41	0,17	18,52
NGE	24	24	48	33,92	4,97	24,73	-0,07
NEM	376	104	480	242,16	75,24	5661,62	0,45
PMG (g)	21	21	42	29,84	4,2	17,61	-0,08
RDTO (kg*hl ⁻¹)	2360	230	2590	1042,9	419,04	175593,5	1,36
PH (kg*hl ⁻¹)	39,3	44,21	83,51	69,75	4,74	22,45	8,45

^a1= muy laxa, 2= laxa, 3= moderadamente compacta, 4= compacta y 5=muy compacta

^b1=muy chupado, 2=chupado, 3=casi lleno, 4=lleno y 5=muy lleno

^c1=grano pequeño (, 2=grano mediano (6-7mm) y 3=grano grande (>7mm)

La matriz de correlación de Pearson entre cada par de características cuantitativas se presenta en la figura 1, se consideró que los coeficientes > 0.40 corresponden a asociaciones que representan patrones naturales de variación; de esta forma, las correlaciones más importantes fueron las variables de rendimiento y de calidad de grano.

Entre las variables de rendimiento, la correlación más alta correspondió al número de granos con la longitud de espiga

($r=0.6$) valor que indica a mayor longitud de espiga, el número de granos también incrementa en el número de granos por espiga. La otra asociación importante entre la altura de la planta con el rendimiento($r=0.5$), la altura de la planta con longitud de espiga y número de espiga con coeficientes de $r=0.48$ y $r=0.43$ respectivamente. Los valores descriptos indica cuanto mayor sea el peso del grano mayor será el rendimiento en grano.

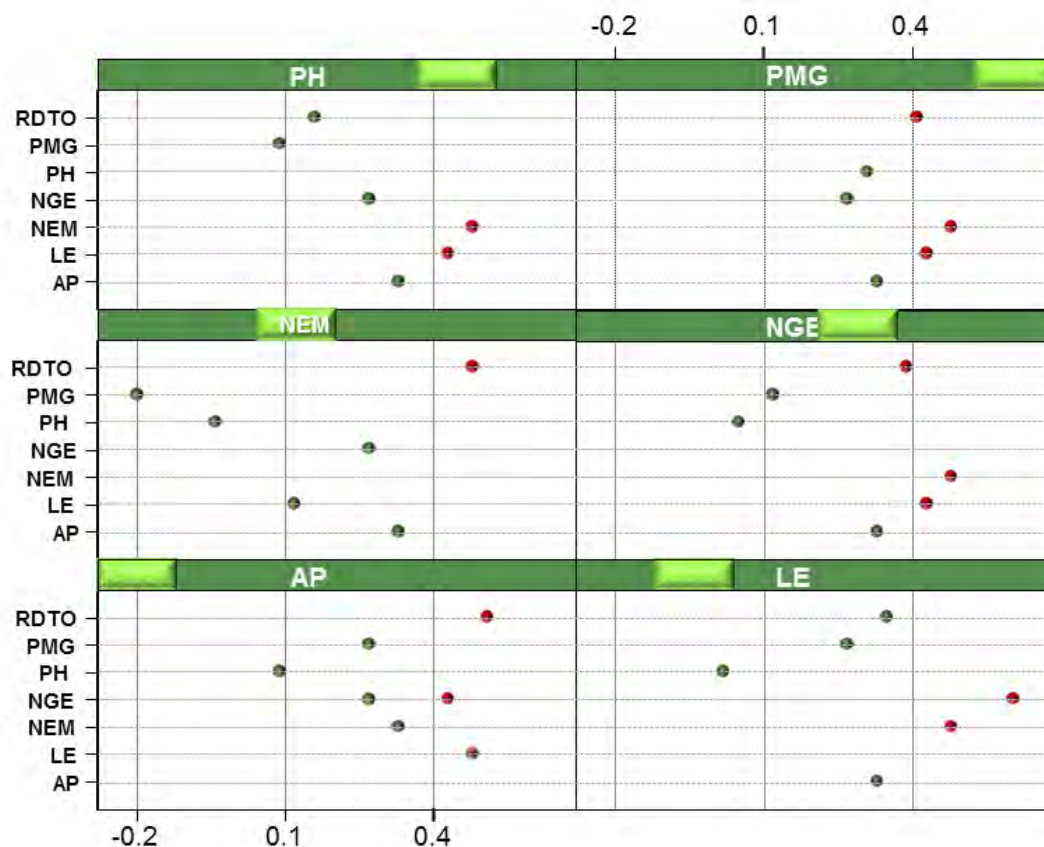


Figura 1. Panel de trellis de correlación de variables cuantitativas (AP: altura de la planta; LE: longitud de espiga; DE: densidad de la espiga, NGE: Número de granos por espiga; NEM: número de espigas por metro cuadrado; PMG: peso de mil granos; PH: Peso hectolítrico y RDTO: rendimiento en grano) de las líneas avanzadas del trigo harinero, evaluado en la localidad de San Benito, durante la campaña agrícola de 2014-2015.

El análisis biplot refleja la magnitud de la variable, la asociación de las mismas y además muestra la ubicación de las observaciones relacionados con el vector (Hidalgo *et al.*, 2003). Ambos componentes principales representan más del 57% de la varianza acumulada. Se visualiza dos grupos de variables, la

primera relacionada con el rendimiento: altura de la planta, longitud de la espiga, número de granos por espiga y rendimiento en grano. El segundo grupo conformado por: peso de mil granos, tipo de grano, peso hectolítrico y tamaño de grano.

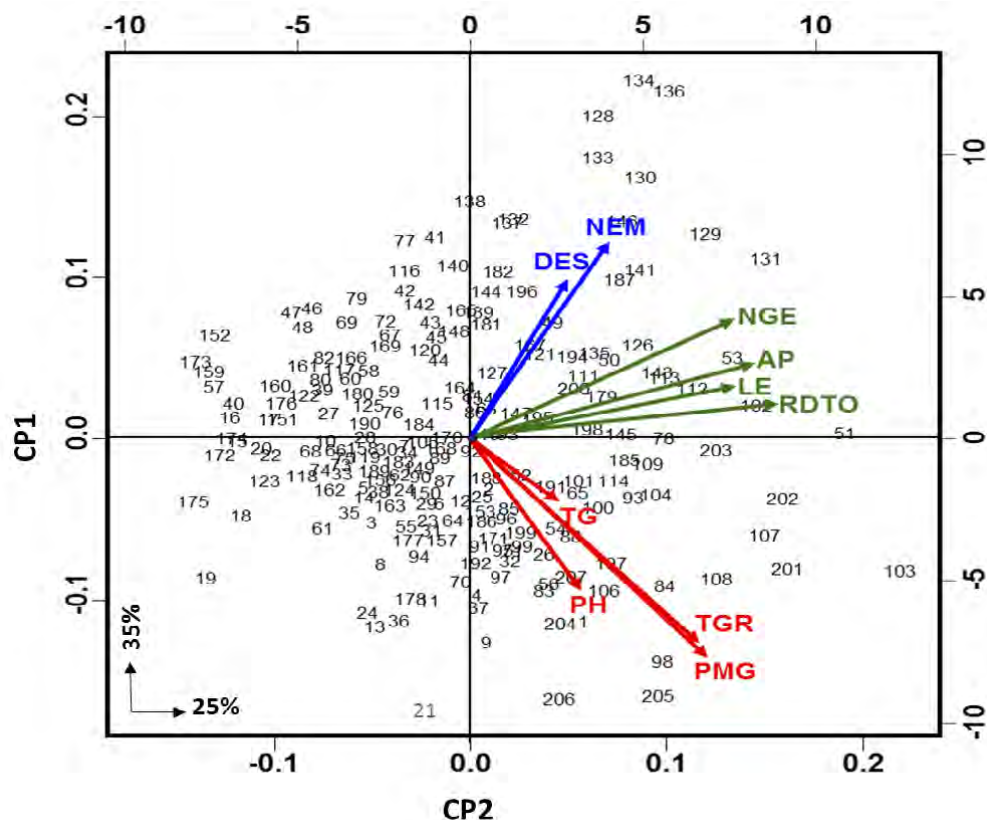


Figura 2. Análisis de biplot de caracteres cuantitativos y cualitativos (AP: altura de la planta; LE: longitud de espiga; DE: densidad de la espiga, NGE: Número de granos por espiga; NEM: número de espigas por metro cuadrado; PMG: peso de mil granos; PH: Peso hectolítico, RDTO: rendimiento en grano; TGR: tipo de grano; TG: tipo de grano y DES: densidad de espiga) de líneas avanzadas del trigo harinero, evaluado en la localidad de San Benito, durante la campaña agrícola de 2014-2015.

En el grupo de variables de rendimiento destacan las líneas L53, L102, L112, L131, L129, L51, L143 y L203. Sin embargo, en el grupo de variables relacionados con características de grano y calidad sobresalen las líneas L205, L98, L108, L84, L106, L204 y L1.

El dendograma obtenido (figura 3) a través de la distancia euclidiana muestra 5 grupos significativos a un corte de 0.6. Estos fueron agrupados en función a características de similitud entre los genotipos.

Grupo 1. Este grupo está formado por 13 genotipos, las mismas que se encuentran superior de todos los grupos con 342.2

macollos por metro cuadrado, 32.7g en peso de mil granos, 70.7 kg*hl⁻¹ en peso hectolítico y 2019.2 kg*ha⁻¹ en rendimiento en grano.

Grupo 2. Este grupo está compuesta por 71 genotipos, se diferencia del primer grupo por presentar inferioridad frente al primer grupo con respecto a las variables: número de macollos 253, peso de mil granos con 30.9g, peso hectolítico con 70 kg*hl⁻¹ y rendimiento en grano con 1133.9 kg*ha⁻¹.

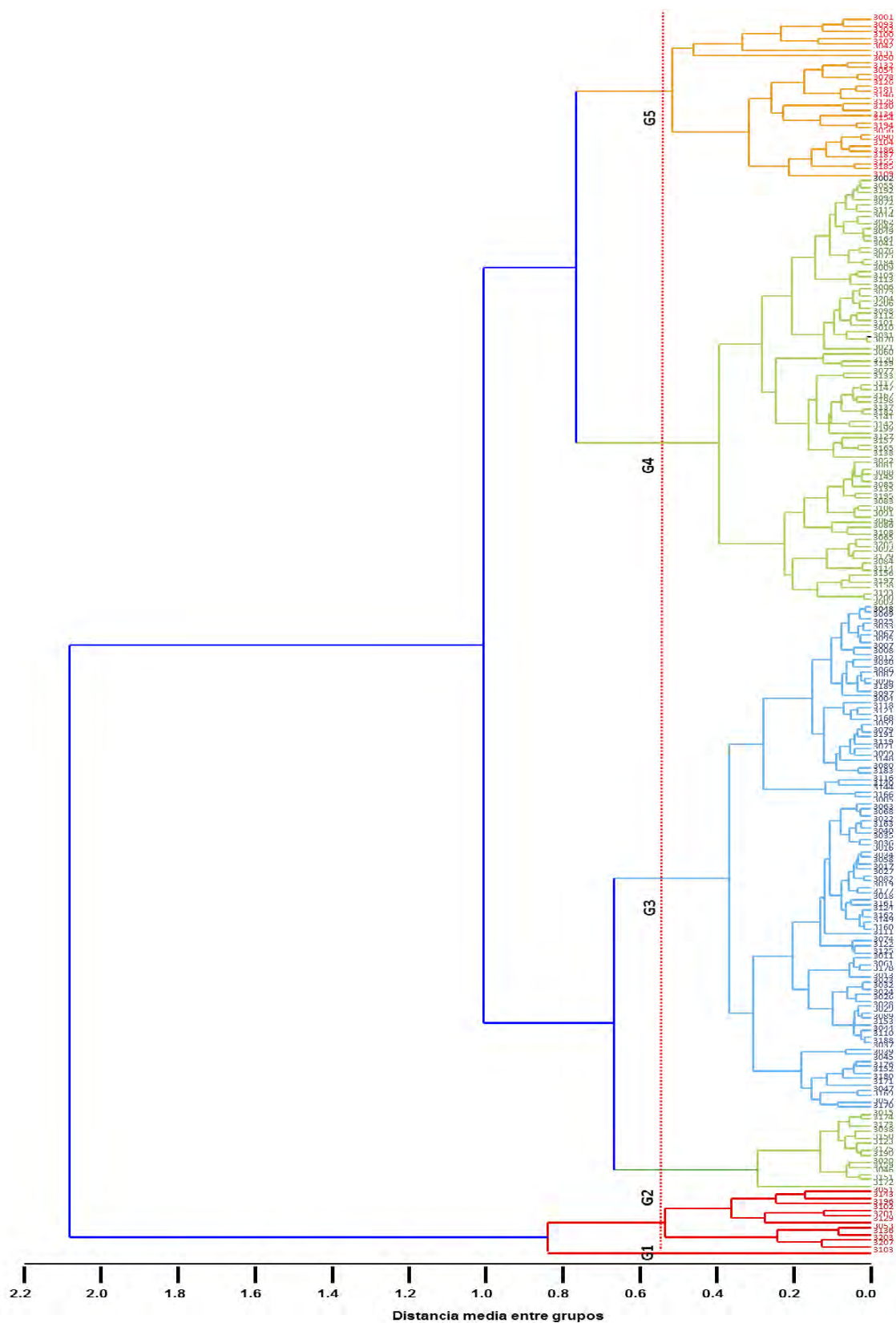


Figura 3. Análisis clúster para caracteres fenotípicos (10 variables) de líneas avanzadas de trigo harinero (32SWSN) procedentes del CIMMYT, evaluados en la localidad de San Benito durante la campaña agrícola 2014-2015.

Grupo 3. Este grupo es el más numeroso, está compuesta por 83 genotipos; en su mayoría de las variables se encuentran inferior al primer y segundo grupo. Su rendimiento promedio fue de 775,3 kg*ha⁻¹.

Grupo 4. Este grupo está compuesto por 15 genotipos caracterizado por presentar 206 macollos por metro cuadrado, 26.2g de peso de mil granos, 67.6 kg*hl⁻¹ y rendimiento en grano con 412 kg*ha⁻¹; mismas q muestran inferior respecto al resto de los otros grupos.

Grupo 5. Este grupo está compuesto por 25 genotipos. En su mayoría de las variables se encuentran superior que los del G2, G3 y G4. Las plantas llegaron a formar 295 macollos por metro cuadrado, de los cuales el peso de mil granos alcanzó 30.7 g en promedio con rendimientos de 1523 kg*ha⁻¹.

En base al ranking de rendimiento se observa a los genotipos que tienen rendimientos entre 800-1000 kg*ha⁻¹ en su mayoría seguida de 1000 a 1200 kg*ha⁻¹. Sin embargo los genotipos que tienen rendimientos superiores a los 2000 kg*ha⁻¹ se encuentran con menor frecuencia, esto sea probablemente a factores ambientales no favorables durante la fase de desarrollo del cultivo.

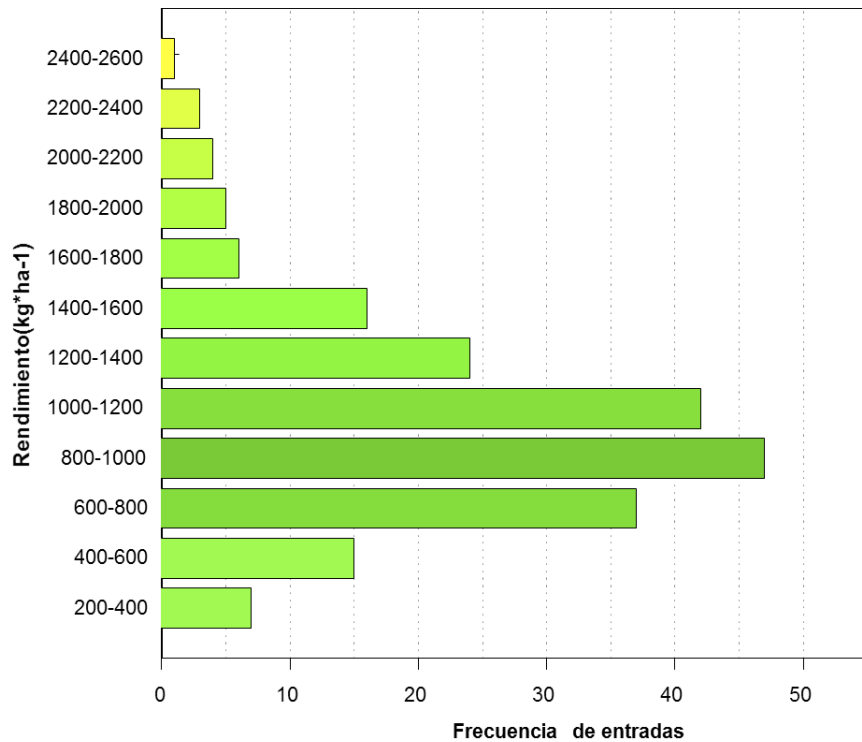


Figura 4. Rankin de rendimiento de líneas avanzadas de trigo harinero, evaluadas en la localidad de San Benito durante la campaña agrícola 2014-2015.

Conclusiones

Se encontraron correlaciones altas entre el rendimiento con la longitud de espiga, número de granos por espiga, altura de la planta y peso de mil granos.

Los genotipos L53, L102, L112, L131, L129, L51, L143 y L203 destacan para características de productividad.

Los genotipos que destacan para características de grano y calidad fueron las líneas L205, L98, L108, L84, L106, L204 y L1.

Las asociaciones de componentes principales confirman las variables que fueron identificadas por la matriz de correlación. Considerando la significancia de cada uno de los grupos de variables es posible obtener información de utilidad para el programa de mejoramiento del cultivo del trigo.

Referencias citadas

- Ahmed, N.; Chowdhry, M.; Khaliq, I. and Maekawa, M. 2007. The Inheritance of Yield and Yield Components of Five Wheat Hybrid Populations under Drought Conditions. *Indonesian Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 8. 2007. pp. 53-59.

- Ford-Lloyd, B. y Jackson, M. 1986. Plant genetic resources. An introduction to their conservation and use. Edward Arnold, Publ. Baltimore. 152. p.
- Franco, T. L. e Hidalgo R. 2003. Análisis Estadístico de datos de Caracterización Morfológica de recursos Filogenéticos. Boletín técnico nº 8, Instituto Internacional de recursos Filogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- Golabadi, M.; Arzani and M. Maibody. 2005. Evaluation of Variation among Durum Wheat F3 Families for Grain Yield and Its Components under Normal and Water-Stress Field Conditions. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. Vol. 41, pp. 263-267.
- INIAF. 2012. Boletín informativo. Nro. 1
- Joshi, B.; Mudwari, A.; Bhatta, M. and Ferrara, G. 2004. Genetic diversity in Nepalese wheat cultivars based on agro-morphological traits and coefficients of parentage. *Nepal Agricultural Research Journal* 5: 7-17.
- Khan, H., Rahman, H., Ahmed, H. and Ali H. 2008. Magnitude of Heterosis and Heritability in Sunflower over Environments. *Pakistan Journal of Botany*. Vol. 1, pp. 301-308.
- Medina, A.; Ramis, C.; Rodríguez, D. y Vegas, A. 2002. Variabilidad genética del germoplasma de algunas especies de los géneros *Carica* y *Vasconcellea* (Caricaceae) con el uso de marcadores RAPD. Centro de Investigaciones en Biotecnología Agrícola (CIBA), Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. Pp.116-124.
- Marza, F y Quispe, F. 2013. Guía Práctica Para El Investigador en Trigo. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria Y Forestal, INIAF. Programa Nacional de Trigo. 1ra Edición. La Paz, Bolivia.
- Nouri-Ganbalani, A.; Nouri-Ganbalani G. and D. Hassanpanah. 2009. Effects of Drought Stress Condition on the Yield and Yield Components of Advanced Wheat Genotypes in Ardabil. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. Vol. 7. No. 3-4. pp. 228-234.
- Shah, M. and Deora, V. 2002. Genetic Variability and Association Studies in Wheat for Grain Yield and Temperature Tolerance Parameters. *Indian Journal of Agricultural Research*. Vol. 36. 2002. pp. 172-176.
- Skovmand, B., Varughese, G. y Hettel, G.P. 1992. Los recursos genéticos de trigo en el CIMMYT: Su conservación, enriquecimiento y distribución. México, D.F.: CIMMYT.