

Ensayo comparativo de rendimiento de diez variedades de trigo en condiciones de altiplano central de Bolivia

Eddy Silva, Ruth Michma, 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.
silvamaytae@yahoo.es

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento productivo de diez variedades de trigo en condiciones del altiplano central de Bolivia, en la campaña agrícola 2013-2014. Los tratamientos se establecieron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se evaluaron las variables: altura de planta (AP), número de espigas por metro cuadrado (NEM), longitud de espiga (LE), número de espiguillas por espiga (NEE), número de granos por espiga (NGE), peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) y rendimiento en grano (RDTO). El análisis de varianza mostró diferencias significativas para el rendimiento (RDTO), número de espiguillas por espiga (NEE), número de granos por espiga (NGE) y peso de mil granos (PMG). Estadísticamente se verificó que las variedades más rendidoras fueron: Anzaldo, Chullchuncaneño y Tiraque. La variable rendimiento (RDTO) presentó una correlación altamente significativa con número de espigas por metro cuadrado (NEM) (0,542), número de espiguillas por espiga (NEE) (0,444) y número de granos por espiga (NGE) (0,444).

Palabras clave: trigo, productividad, rendimiento, componentes.

Abstract

The objective of this study was to establish the performance of the ten wheat varieties in the conditions of Central highlands of Bolivia corresponding to the crop year 2013-2014. The treatments were established in a complete block design with three replications. plant height (AP), number of ears per square meter (NEM), spike length (LE), number of spikelets per spike (NEE), number of grains per spike (NGE), weight of a thousand: (PMG), test weight (PH) and grain yield (yield) were evaluated. Analysis of variance showed significant differences in yield performance, number of spikelets per spike (NEE), number of grains per spike (NGE) and thousand kernel weight (PMG). The least significant differences show that the most yielding varieties were Anzaldo, Chullchuncaneño and Tiraque. The variable return (yield) showed a highly significant correlation with number of spikes per square meter (NEM) (0.542), number of spikelets per spike (NEE) (0.444) and number of grains per spike (NGE) (0.444).

Introducción

El nivel de producción y consumo mundial de trigo ubican a este cereal como uno de los cultivos más importantes dentro del sistema agrícola. Por consiguiente el mejoramiento genético es una estrategia importante en la generación de tecnología y así superar los diversos factores bióticos y abióticos que afectan su producción en los diferentes contextos donde es cultivado este cereal de gran importancia. Debido a la importancia del trigo en la alimentación, esta especie ha sido incluida en el Programa Nacional Trigo (PN-Trigo) del Instituto Nacional de Innovación

Agropecuaria y Forestal (INIAF), con el propósito de desarrollar y proveer variedades de trigo para los diversos ambientes del país. Una de las partes fundamentales de este proceso es la evaluación de ensayos comparativos de diferentes variedades de trigo respecto al rendimiento ya que el desabastecimiento de este cereal tiene sus raíces en las limitaciones agroecológicas, por lo que está siendo agudizado por la presencia de factores adversos como la sequía; el cual limita a la producción triguera (Crespo y Gabriel, 2001). Frente a estos acontecimientos de inseguridad

alimentaria y limitaciones climáticas, se estableció el ensayo de diez variedades de trigo en condiciones del altiplano central de Bolivia con el propósito de establecer variedades que cuenten con rendimientos potenciales para desarrollarse principalmente al clima, al stress hídrico y a las diferentes adversidades (heladas, sequías y granizadas) que presenta el contexto, los cuales son aspectos considerados influyentes en la productividad de este grano.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el departamento de Oruro ubicado en el municipio de Caracollo de la localidad Condoriri a 17°32'07,06" latitud Sur y a 67°14'01,43" longitud Oeste de la gestión agrícola 2013-2014. El material genético utilizado corresponde a diez variedades de trigo harinero seleccionadas por el PN-Trigo (INIAF): Tepoca, Anzaldo, Charcas, Americana, Tiraque, Redención, Centenario, Totora, Chullchuncaneño y Yampará, establecidos con una densidad de siembra a razón de 100 kg*ha⁻¹. La investigación se instaló en un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones en sur-

cos de 4 m de longitud y 0.25 m entre surcos. Las variables registradas fueron: altura de planta (AP), reacción al desgrane (RD), número de espigas por m² (NEM), longitud de espiga (LE), densidad de espiga (DES), número de espiguillas por espiga (NEE), número de granos por espiga (NGE), tipo de grano (TGR), tamaño de grano (TG), peso de mil granos (PMG), peso hectolítico (PH) y rendimiento de grano (RDTO). Se realizó un análisis de estadística descriptiva, análisis de varianza y se realizó la prueba de Duncan. También se hizo un análisis multivariado; así como el coeficiente de correlación múltiple, análisis de componentes principales.

Resultados y discusión

El análisis de estadístico descriptivo, permitió describir el comportamiento de las diferentes variedades de trigo harinero en relación a cada característica estudiada, se observó que las variables en estudio se encuentran dentro de los criterios estadísticos permitidos con un reducido grado de concentración de datos de los valores centrales con asimetrías ligeramente sesgada y una curtosis ligeramente platycúrtica y leptocúrtica.

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables altura de planta (AP), número de espigas por metro cuadrado (NEM), longitud de espiga (LE), número de espiguillas por espiga (NEE), número de granos por espiga (NGE), peso de mil granos (PMG), peso hectolítico (PH) y rendimiento en grano (RDTO), evaluadas en el estudio del Rendimiento en diez variedades de trigo en condiciones del altiplano Central de Bolivia correspondiente a la campaña agrícola 2013-2014.

Variables	Rango	Mínimo	Máximo	Media	DE	Varianza	Asimetría	Curtosis
AP ^c	31.50	59.50	91.00	76.66	6.44	41.49	-0.23	1.27
NEM	343.00	455.00	798.00	645.73	111.68	12472.62	-0.35	-1.26
LE ^c	4.50	7.00	11.50	8.65	1.32	1.75	0.62	-0.84
NEE	8.00	10.00	18.00	13.73	2.02	4.06	0.07	-0.71
NGE	24.00	30.00	54.00	41.20	6.05	36.58	0.07	-0.71
PMG ^d	14.00	34.00	48.00	38.33	3.42	11.68	1.38	1.49
PH ^o	7.37	71.23	78.59	74.26	1.79	3.20	0.18	0.01
RDTO ^e	2205.00	790.00	2995.00	1449.47	595.91	355114.12	1.06	0.27

^ccentímetros (cm); ^dgramos (g); ^okilogramos por hectolitro (kg*hL⁻¹); ^ekilogramos por hectárea (kg*ha⁻¹)
DE (Desviación estándar).

El rendimiento promedio alcanzado fue 1449 kg*ha⁻¹, con una desviación estándar de 595, presentando un máximo de 2995 y un mínimo de 790 kg*ha⁻¹, mostrando una amplia variación entre las variedades de trigo harinero. Las variables que más contribuyeron sobre la productividad fueron: número de espigas por metro con un promedio de 645 espigas, expresando una amplia variación de 455 a 798 espiga por metro. En tanto que el número de espiguillas en promedio fue 14 unidades, los cuales varían entre

10 y 18 espiguillas, con 41 granos en promedio por espiga, donde el mínimo es 30 y el máximo es de 54 granos (Tabla 1).

Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas en el rendimiento de las variedades. Las variables número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga y peso de mil granos mostraron significancia expresando claramente que las variables difieren en las variedades lo cual muestra que al menos uno de los tratamientos tiene un promedio diferente. En

cuanto a las variables altura de planta, número de espigas por metro cuadrado, longitud de espiga y peso hectolítrico no muestran diferencias estadísticas significativas entre las variedades. Este hecho resulta importante debido a la variabilidad existente para identificar variedades sobresalientes en condiciones del altiplano central boliviano, aunque el comportamiento de las diferentes variedades podría enmascarar la identificación de genotipos sobresalientes (Balbuena *et al.*, 2008).

Según la prueba de rango múltiple de Duncan, el rendimiento formó cinco grupos, el primero fue la variedad Anzaldo con un rendimiento promedio de 2445 kg*ha⁻¹, el segundo conformada por la variedad Chullchuncaneño con 2138 kg*ha⁻¹, el tercero

agrupada por las variedades Tiraque y Redención con rendimientos de 1600 y 1469 kg*ha⁻¹, esta variedades citadas con anterioridad tienen los rendimientos más sobresalientes, en relación a las demás variedades como Totorá, Centenario, Americano, Charcas, Tepoca y Yampara que tienen rendimientos por debajo a 1400 kg*ha⁻¹, las cuales muestran respuestas no muy favorable en las condiciones del altiplano. Gabriel *et al.* (2013), observaron que la variedad Anzaldo, muestra tolerancia al estrés hídrico por sequía. Es posible que el rendimiento máximo logrado por esta variedad en el altiplano se deba a la tolerancia que posee el genotipo, puesto que las condiciones hídricas en estas zonas pueden afectar el rendimiento.

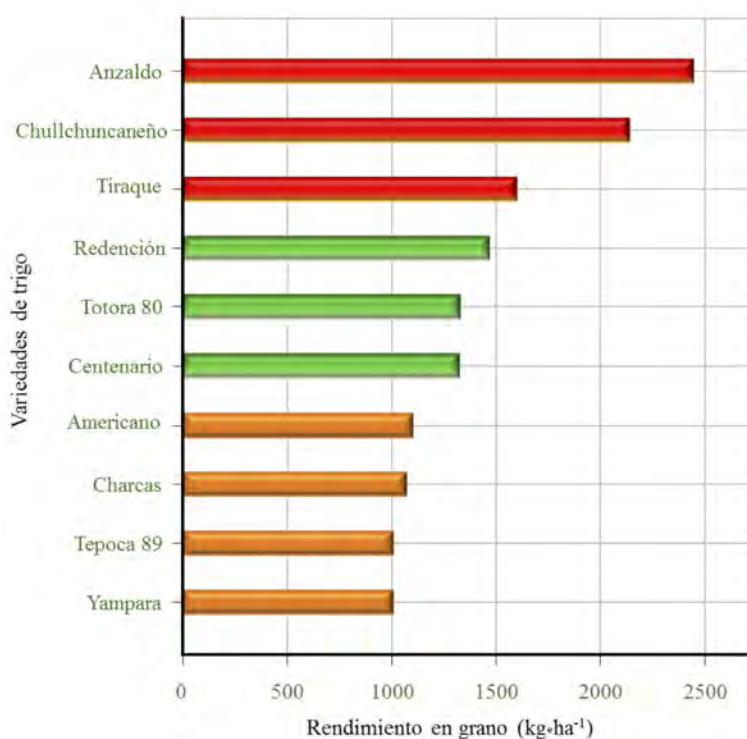


Figura 1. Ranking de rendimiento de diez variedades de trigo harinero evaluadas en el altiplano central d Bolivia, correspondiente a la campaña agrícola 2013-2014.

En la matriz de correlación múltiple de Pearson muestra que el rendimiento tiene una asociación positiva con número de espigas por metro ($r = 0.542$, $P < 0.002$), número de espiguillas por espiga ($r = 0.444$, $P < 0.002$) y número de granos por espiga ($r = 0.444$, $P < 0.002$). Este resultado nos muestra que las características número de granos por espiga (NGE) y número de

espiguillas por espiga (NEE) aportan significativamente por lo que constituyen dos variables útiles predictores del rendimiento en grano de variedades de trigo. Se puede considerar también variables importantes y de fácil medición siendo una de las alternativas para realizar procesos de identificación y selección en cuanto al rendimiento de refiere.

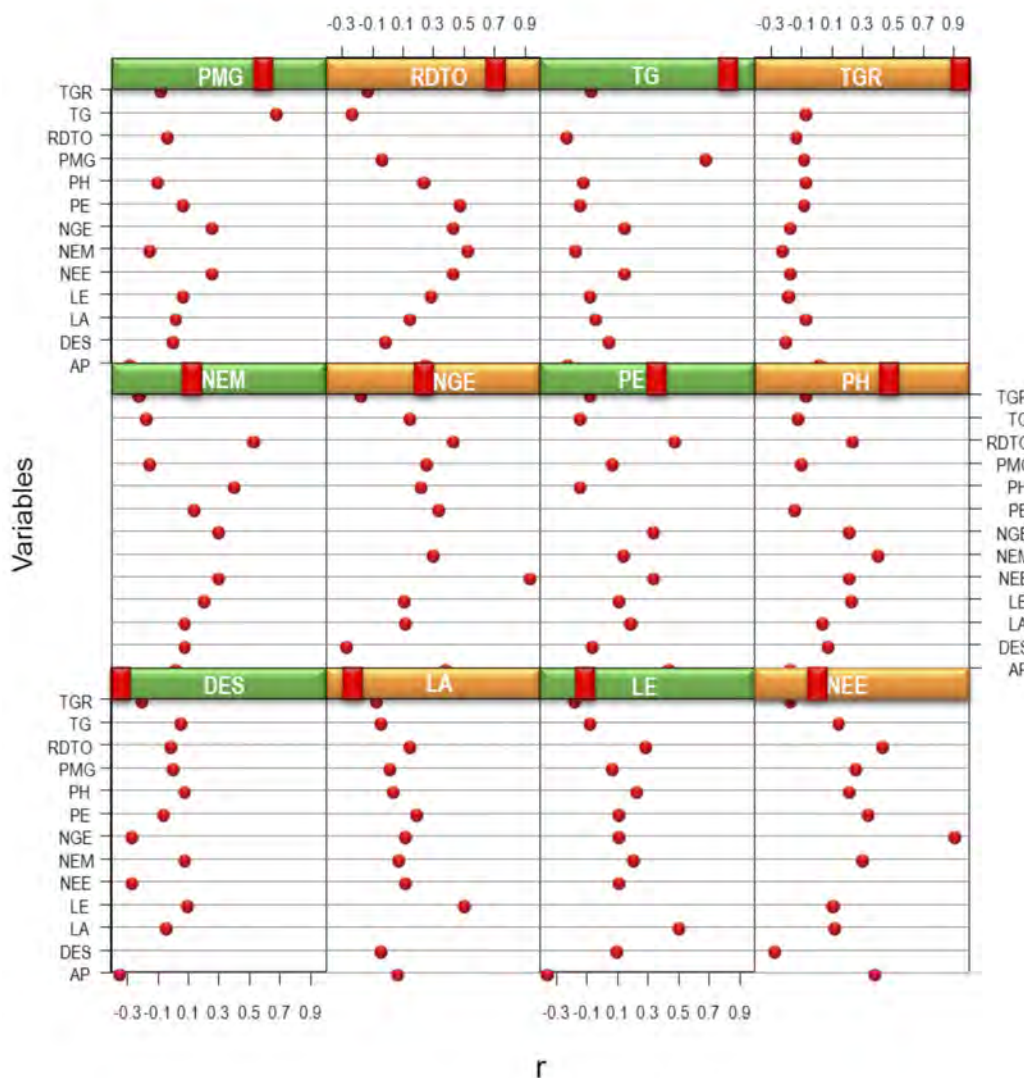


Figura 2. Coeficientes de correlación de variables cuantitativas y cualitativas en el ensayo de rendimiento de diez variedades de trigo harinero evaluadas en el altiplano central de Bolivia en la campaña agrícola 2013-2014. Los caracteres evaluados corresponden a las variables: altura de planta (AP), número de espigas por metro cuadrado (NEM), longitud de espiga (LE), número de espiguillas por espiga (NEE), número de granos por espiga (NGE), peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) y rendimiento en grano (RDTO),

Otra asociación importante fue la característica número de granos por espiga que correlacionó significativamente con número de espiguillas por espiga ($r = 0.930$, $P < 0.000$) lo cual nos muestra una dependencia entre ambas. Al respecto Zeeshan *et al.* (2014), indican que el alto coeficiente de correlación positiva en el número de espigas, longitud de espiga, número de espiguillas por espiga y número de granos por espiga puede contribuir en el aumento del rendimiento de grano.

Se realizó el análisis de los componentes principales para explorar las variables los cuales expresan sus resultados tanto en valores como en vectores propios (Rojas, 2003). Se seleccionó los tres primeros componentes significativos que explican el 73.9 % de la varianza total según el criterio establecido por Kai-

ser (1960). El primer componente principal contribuyó con más del 30 % de la varianza y según los coeficientes se identificó a las variables rendimiento en grano (RDTO), número de espigas por metro (NEM), peso hectolítrico (PH), reacción al desgrane (RD) y altura de planta (AP) como las características más importantes ya que estas fueron las que más aportaron en forma positiva y de forma negativa la variable tipo de grano.

El segundo componente principal contribuyó con el 24.3 % de la varianza total donde las variables: peso de mil granos (PMG), tipo de grano (TG), número de granos por espiga (NGE), número de espiguillas por espiga (NEE) y longitud de espiga (LE) aportaron de forma positiva, mientras que reacción al desgrane (RD) de forma negativa.

El tercer componente contribuyó con más del 19.1 % de la varianza y las variables que más aportaron en forma positiva fueron densidad de la espiga (DES), longitud de espiga (LE), peso hectolítrico (PH) y número de espiguillas por

espiga (NEE). De forma negativa las variables número de granos por espiga (NGE) y altura de planta (AP).

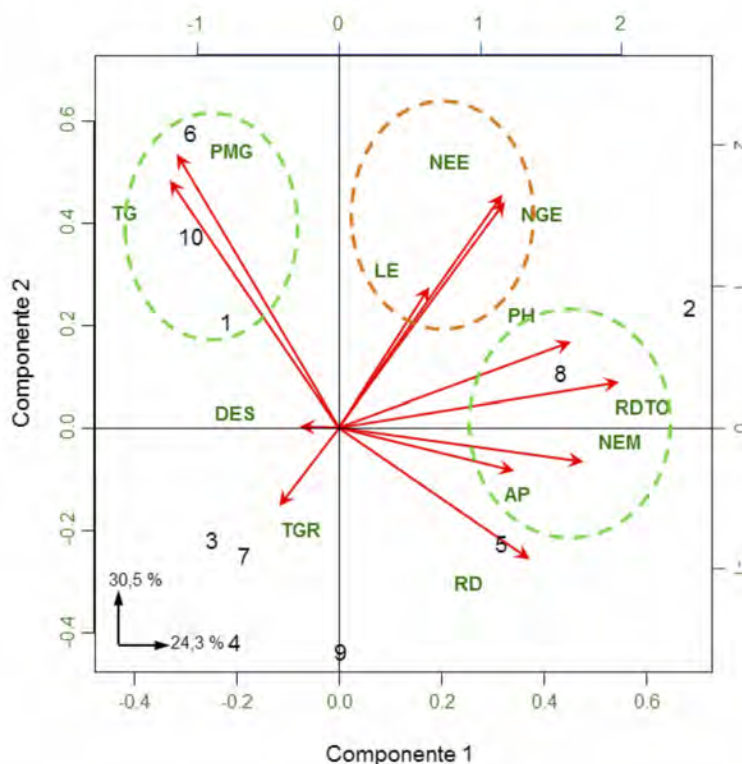


Figura 3. Biplot en el ensayo de rendimiento en grano de diez variedades de trigo harinero evaluadas en el altiplano central de Bolivia, durante la campaña agrícola 2013-2014. Las características evaluadas fueron: altura de planta (AP), número de espigas por m² (NEM), longitud de espiga (LE), número de espiguillas por espiga (NEE), número de granos por espiga (NGE), peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) y rendimiento de grano (RDTO).

Para observar la relación de las variedades de trigo en estudio se graficó los dos primeros componentes donde se puede apreciar la variabilidad de cada uno de los genotipos en estudio permitiendo visualizar la asociación de los mismos.

En la figura 3 se observa a las características más vinculadas de forma positiva con el primer eje, entre ellos se tiene a rendimiento en grano (RDTO), número de espigas por metro (NEM), peso hectolítrico (PH) y altura de planta (AP). Las características más relacionadas con el segundo eje y de forma positiva es número de granos por espiga (NGE), número de espiguillas por espiga (NEE) y longitud de espiga (LE). Además del peso de mil granos con tamaño de grano. Se puede observar también el grado de relación entre las diferentes variables determinada por el ángulo de separación que forman los vectores considerando también la distancia al origen ya que mientras más distantes sea mayor será su contribución. Se puede señalar categóricamente la importancia de las asociaciones que

forman cada uno de los tres grupos e indicar que las variables rendimiento (RDTO), número de espigas por metro (NEM) y número de granos por espiga (NGE), número de espiguillas por espiga (NEE), peso de mil granos (PMG) y tamaño de grano (TG) muestran un importante aporte al rendimiento en grano por la magnitud de los vectores mostrados.

Conclusiones

Se ha identificado la variedad Anzaldo como sobresaliente con un rendimiento promedio de 2445 kg*ha⁻¹. La variedad Chullchuncaneño 2138 kg*ha⁻¹ y las variedades Tiraque y Redención con rendimientos de 1600 y 1469 kg*ha⁻¹, en relación a las demás variedades como Totorá, Centenario, Americano, Charcas, Tepoca y Yampara que tuvieron rendimientos por debajo a 1400 kg*ha⁻¹ las cuales no muestran respuestas favorable en condiciones del altiplano central de Bolivia.

Se ha seleccionado dos componentes principales, el primero que contribuyó con más del 30.5 % de la varianza y según los coeficientes se identificó a las variables rendimiento en grano (RDTO), número de espigas por metro (NEM), peso hectolítico (PH), reacción al desgrane (RD) y altura de planta (AP) como las características más importantes ya que estas fueron las que más aportaron en forma positiva y de forma negativa la variable tipo de grano. El segundo componente que contribuyó con el 24.3 % de la varianza total donde las variables: peso de mil granos (PMG), tipo de grano (TG), número de granos por espiga (NGE), número de espiguillas por espiga (NEE) y longitud de espiga (LE) aportaron de forma positiva, mientras que reacción al desgrane (RD) de forma negativa.

Se establecieron las correlaciones de mayor importancia como las que formaron las variables rendimiento que tiene una asociación positiva con número de espigas por metro ($r = 0.542$, $P < 0.002$), número de espiguillas por espiga ($r = 0.444$, $P < 0.002$) y número de granos por espiga ($r = 0.444$, $P < 0.002$) los cuales constituyen variables útiles predictores del rendimiento en grano de variedades de trigo.

Referencias citadas

- Balbuena, M. A.; González, H. A.; Rosales R. E.; Domínguez, L. A.; Franco, M. O. y Pérez, L. D. J. 2008. Identificación de genotipos sobresalientes de trigo en el valle de Toluca, México. *Agricultura Técnica en México*. 34(2): 257-261.
- Benítez, R. I. 2001. Comportamiento de líneas S3, de trigo derivadas de poblaciones mejoradas por selección recurrente. *Rev. Fitotec.* 24(1): 63-70.
- Ceballos, H. 2003. Genética cuantitativa y fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 524 p.
- Demey, J. R.; Adams, M. y Freitas, H. 1994. Uso del método de análisis de componentes principales para la caracterización de fincas agropecuarias. *Agronomía Tropical*. 44(3): 475-497.
- Ferraguti, F.; Castellarín, J.; Albrecht, R. *et al.* 2013. Rendimiento y estabilidad de variedades de trigo durante la campaña 2012. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA. 1-10 p.
- Gabriel, J.; Veramendi, S. y España, P. 2013. Validación de marcadores moleculares para resistencia a sequía en trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo condiciones de invernadero. *J Selva Andina Res Soc.*, 4(1):2-17.
- Kaiser HF. 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*. 20:141-151.
- Kohli, M. M.; Viedma, L. de y Cubilla, L. E. 2012. Manual del Productor, Guía para la Producción de Trigo. MAG/DIA/CRIA/CAPECO. Asunción, Paraguay. 40 p.
- Marza, F.; Butrón, R.; Canelas, J.; Huallpa, B.; Tenorio, J.; Villegas, R. y Gutiérrez, G. 2014. Variabilidad fenotípica de 50 líneas de trigo Adaptadas a Condiciones Semi-Aridas. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – INIAF. 3(1): 9-15.
- Oz, M.; Karasu, A.; Goksoy, A.; y Turan, Z. 2009. Interrelationships of agronomical characteristics in soybean (*Glycine max*) grown in different environments. *Int. J. Agric. Biol.* 11:85 - 88.
- Peña, D. 2002. Análisis de datos multivariantes. 1-515 p.
- 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 N° 8, IPGRI, Cali, Colombia. pp. 27-39.
- Zeballos, H. H. 2014. Desarrollo del sector triguero en Bolivia: Desafíos y oportunidades. IBEC (Instituto Boliviano de Comercio Exterior), Santa Cruz, Bolivia. 3-10p.
- Zeeshan, M.; Arshad, W.; Imran, K. M.; Ali, S.; Nawaz, A. y Tariq, M. 2014. Heritability, trait association and path coefficient studies for some agronomic characters in synthetic elite lines of wheat (*Triticum aestivum* L.) under rainfed conditions. *RRJAAS*. 3 (4): 10-12.